

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Konstrukční návrh neodpruženého rámu pračky RX

Design of an Unsprung Frame of the Washing Machine RX

Student:

Bc. Jakub Gilar

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Foltá, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Jakub Gilar

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace:

40 Konstrukce strojních dílů a skupin

Téma:

Konstrukční návrh neodpruženého rámu pračky RX
Design of an Unsprung Frame of the Washing Machine RX

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je provedení rekonstrukce stávajícího rámu pracího stroje firmy Primus CE, spol. s r. o., Příbor, která je zadavatelem této diplomové práce.

Proveďte následující kroky:

1. proveďte rešerši systémů rámu praček jak u firmy Primus, tak, bude-li to možné, i u dalších výrobců srovnatelných pracích strojů,
2. navrhnete variantně možné provedení rekonstruovaného rámu. Při této práci plně spolupracujte s určenými pracovníky zadavatele,
3. zpracujete podrobně model zvoleného provedení rámu a proveďte potřebné pevnostní a životnostní kontroly,
4. bude-li to technicky možné, proveďte ve spolupráci s vedoucím diplomové práce ověření modelu reálným měřením napjatostí na rámu pomocí tenzometrie,
5. zpracujte sestavný výkres rámu a další dokumentaci podle určení vedoucího diplomové práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

Boháček, F. *Části a mechanismy strojů I a II*. Brno: VUT Brno, 1987.

Bolek, A. a kol. *Části strojů - svazek 1. a 2.* Praha: SNTL, 1990.

Němec, J. a kol. *Pružnost a pevnost ve strojírenství*. Praha: SNTL, 1989.

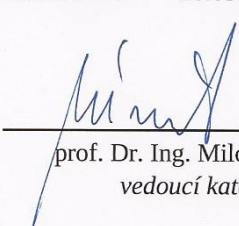
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

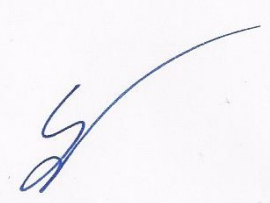
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Foltá, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013




prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Jakub Gilar

Sluneční 1375

Kopřivnice

742 21

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

GILAR, J. Konstrukční návrh neodpruženého rámu pračky RX: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů – 347, 2013, 35 s. Vedoucí práce: Foltá, Z.

Diplomová práce se zabývá rekonstrukcí stávajícího rámu pračky RX značky Primus. V úvodu je provedeno seznámení s firmou Primus a jejími produkty. Dále jsou detailně popsány stroje RS a RX pro danou hmotnost naplnění a vzájemně porovnány rámy těchto strojů. Jsou také uvedeny navrhované úpravy rámu, které jsou analyzovány pomocí MKP a porovnány se současně používaným rámem. Všechny výsledky z MKP analýz jsou dále porovnány tenzometrickým měřením. V příloze diplomové práce je doložen sestavný výkres rámu s navrhovanou změnou.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

GILAR, J. Design of an Unsprung Frame of the Washing Machine RX: Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine parts and Mechanisms – 347, 2013, 35 p. Thesis head: Foltá, Z.

This thesis deals with the reconstruction of the existing washing machine frame RX Primus brand. The introduction is made acquaintance with Primus and its products. The following are described in detail machines RS and RX weight for the fulfillment of frames and compared these machines. They also include proposed modifications of the frame, which are analyzed using FEM and compared with the currently used frame. All results from FEM analyzes are further compared strain gauge. As an attachment of the thesis there are assembly drawing of a frame with proposed modification.

.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů

ÚVOD	- 1 -
1 Společnost Primus	- 2 -
1.1 Specifikace a charakteristika pračky RS10	- 3 -
1.2 Specifikace a charakteristika pračky RX105	- 4 -
2 Rámy praček	- 5 -
2.1 Konstrukce rámu praček	- 5 -
2.2 Rám pračky typu RS	- 6 -
2.2.1 Popis rámu RS	- 7 -
2.3 Rám pračky typu RX	- 9 -
2.3.1 Popis rámu RX	- 11 -
2.3.2 Technologie CLINCH	- 12 -
3 Konkurenční firmy	- 15 -
4 Rekonstrukce rámu	- 17 -
4.1 Úprava 1	- 19 -
4.2 Úprava 2	- 20 -
4.3 Úprava 3	- 21 -
5 Pevnostní analýzy pro jednotlivé úpravy	- 22 -
5.1 Princip vzniku sil od nevývahy	- 23 -
5.2 Výpočet zatěžující síly	- 24 -
5.3 Pevnostní analýza současného rámu RX105	- 26 -
5.3.1 Zatížení svisle dolů	- 28 -
5.3.2 Zatížení do strany	- 30 -
5.3.3 Zatížení vzhůru	- 31 -
5.3.4 Výsledky MKP analýzy současného rámu pračky RX105	- 32 -
5.4 Pevnostní analýza pro navrhovanou úpravu 2 rámu pračky RX105	- 33 -
5.4.1 Zatížení svisle dolů	- 34 -

5.4.2	Zatížení do strany.....	- 35 -
5.4.3	Zatížení vzhůru	- 36 -
5.4.4	Výsledky MKP analýzy rámu pračky RX105 pro úpravu 2.....	- 37 -
5.5	Pevnostní analýza pro navrhovanou úpravu 3 rámu pračky RX105	- 38 -
5.5.1	Zatížení svisle dolů	- 39 -
5.5.2	Zatížení do strany.....	- 40 -
5.5.3	Zatížení vzhůru	- 41 -
5.5.4	Výsledky MKP analýzy rámu pračky RX105 pro úpravu 3.....	- 42 -
5.6	Zhodnocení výsledků všech provedených MKP analýz.....	- 43 -
6	Měření napjatosti pomocí tenzometrie	- 45 -
6.1	Příprava měření.....	- 45 -
6.1.1	Poměrné prodloužení současného rámu RX105 ve směru XX	- 46 -
6.1.2	Poměrné prodloužení současného rámu RX105 ve směru YY	- 47 -
6.1.3	Poměrné prodloužení rámu pro úpravu 2 ve směru XX.....	- 48 -
6.1.4	Poměrné prodloužení rámu pro úpravu 2 ve směru YY.....	- 49 -
6.2	Místo nalepení tenzometru	- 50 -
6.2.1	Poměrné prodloužení současného rámu RX105 ve směru XX	- 51 -
6.2.2	Poměrné prodloužení rámu pro úpravu 2 ve směru XX.....	- 52 -
6.3	Srovnání poměrných prodloužení	- 53 -
6.4	Vlastní měření.....	- 54 -
7	Závěr.....	- 55 -
8	Seznam použité literatury	- 57 -
9	Seznam příloh.....	- 58 -

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Veličina	Jednotka
A	Osová vzdálenost	mm
m	Hmotnost suchého prádla	kg
d	Průměr bubnu pračky	mm
G	G-faktor	m/s^2
ω	Uhlová rychlost	rad/sec
n	Otáčky prací jednotky	ot/sec
F	Odstředivá síla	N
L_1	Meziložisková vzdálenost	mm
L_2	Rameno odstředivé síly	mm
R_1	Reakce v malém ložisku	N
R_2	Reakce ve velkém ložisku	N

ÚVOD

Pro upevnění bubnu pracovního stroje průmyslových praček se používá rám, který má za úkol rovněž upevňovat pračku do podlahy a dále nést pohonnou jednotku a další technologické vybavení pračky.

Jelikož při praní a zejména při odstředování dochází k významným dynamickým cyklickým silám na rám, je důležité, aby všechny jeho části byly dostatečně únavově dimenzovány. U některých vývojových typů praček dochází během testování k únavovým trhlinám a u mnou řešené pračky se tyto trhliny projeví v okolí kotvících otvorů rámu, zejména v rádiusech. Mým úkolem bylo pokusit se provést takové konstrukční úpravy, aby došlo ke snížení napjatosti v kritických místech a tím k prodloužení životnosti rámu.

Cíle diplomové práce jsou:

- a) Provést rešerši systémů rámu praček jak u firmy Primus, tak i u dalších výrobců srovnatelných pracích strojů.
- b) Navrhnout variantně možné provedení rekonstruovaného rámu.
- c) Zpracovat model rámu RX105 a provést potřebné pevnostní a životnostní kontroly, které dále porovnat s aplikacemi konstrukčních úprav.
- d) Bude-li to technicky možné, provést ověření modelu reálným měřením napjatosti na rámu pomocí tenzometrie.
- e) Zpracovat sestavný výkres rámu RX105 s aplikovanou úpravou.

1 Společnost Primus ^[6]

Společnost Primus byla založena v roce 1911 v Belgii jako výrobce praček a myček pro domácnost. Od roku 1970 se firma zaměřila na vybavení komerčních prádelen.

Primus patří dnes mezi přední výrobce profesionální prádelenské techniky v Evropě se silným zastoupením v Severní Americe, Asii a na Blízkém východu. Společnost mimo jiné vyrábí průmyslové prádelenské stroje pro hotely, restaurace, nemocnice, sanatoria, mincovníkové prádelny a komerční prádelny.

Produkce společnosti Primus pokrývá celé spektrum vybavení prádelny od odpružených praček s vysokými otáčkami odstředění, přes neodpružené pračky, hygienické bariérové odpružené pračky, až po profesionální bubnové sušiče a korytové i válcové žehliče. Díky síti vlastních distributorů, se společnost zaměřuje na tři typy koncových uživatelů: mincovníkové prádelny, vlastní soukromé prádelny, a na komerční prádelny. Primus také prodává zařízení průmyslovým prádelnám, větším soukromým prádelnám a čistírnám.

Produkce praček zahrnuje následující typové řady:

C, P, SC, SP - odpružené pračky s kapacitou 6-11 kg prádla

FS, FX - odpružené pračky s kapacitou 7-120 kg prádla

RS, RX - neodpružené pračky s kapacitou 6-35 kg prádla

MB, FXB - odpružené hygienické pračky s kapacitou 18-180 kg prádla

Ve své práci se budu zabývat neodpruženými pračkami s kapacitou 10 kg prádla. Design a technické parametry těchto strojů jsou představeny na následujících stranách.

1.1 Specifikace a charakteristika pračky RS10 ^[6]

Vrchní a čelní panely z nerezí

Velký výpustný ventil (Ø76 mm)

Perforovaná zvedací žebra Powerwash®

Kompaktní šíře stroje 660 mm

Snadný přístup ke všem částem stroje

Standardně připojení na tekuté prací prostředky

Patentovaná násypka a vypouštěcí ventil (Liqui-Mix® systém)



Tab. 1 – Parametry pračky RS10

Kapacita	10,5	kg
G-factor	100	m/s ²
Objem bubnu	105	l
Průměr bubnu	530	mm
Otáčky praní	48	ot/min
Max. otáčky odstředění	580	ot/min
Rozměry stroje (V×Š×H)	1140×660×865	mm
Čistá hmotnost	185	kg
Spotřeba vody na 1 kg prádla	8,2	l

1.2 Specifikace a charakteristika pračky RX105 ^[6]

Pevně ukotvená, střední rotace, 200 G-faktor
z nerezové oceli horní panel
Buben z nerez oceli a vana
Patentovaná násypka
Velký vypouštěcí ventil (Ø 76 mm)
Snadný přístup ke všem životně důležitým částem zepředu
Velký dveřní otvor pro snadné vkládání a vykládání



Tab. 2 – Parametry pračky RX105

Kapacita	10,5	kg
G-factor	200	m/s ²
Objem bubnu	105	l
Průměr bubnu	620	mm
Otáčky praní	46	ot/min
Max. otáčky odstředění	820	ot/min
Přídavný parní ohřev	1-8	bar
Čistá hmotnost	170	kg

2 Rámy praček

Rám pračky je základním prvkem pračky, který má tyto základní funkce:

1. tvoří základní část stroje, na který se upevňují všechny další části pračky
 - prací jednotka
 - jednotlivé kryty kapotáže
 - pohonná jednotka
 - dávkovací, napouštěcí a vypouštěcí systém
 - řídicí systém (zprostředkovaně přes kabinet)
2. přes rám se přenášejí síly vznikající při provozu pračky do podlahy
3. na rámu jsou kotvící místa, přes které je pračka ukotvena k podlaze - neodpružené stroje musí být pevně ukotvené

2.1 Konstrukce rámu praček

Konstrukce rámu jsou různé v závislosti na typu pračky. Jelikož se v mojí práci zaměřuji především na pračky s neodpruženou prací jednotkou, tak zde budu uvádět pouze typy rámu pro toto řešení pračky.

Pro konstrukci rámu je rozhodující velikost pračky. Firma Primus vyrábí neodpružené pračky pro různé hmotnosti praného prádla a od toho se odvíjí i velikost a provedení rámu.

Pračky se vyrábějí v hmotnostních řadách podle náplně prádla, např. 6kg - 7kg - 10kg. Stroje v takovéto řadě jsou si max. podobné, liší se např. jen hloubkou stroje.

Cílem u těchto řad je v max. míře použít stejné díly pro jednotlivé stroje. Proto i rámy pro hmotnostní řadu se liší jen v dílcích vymezujících jejich hloubku.

Tato práce se týká pouze praček pro 10 kg suchého prádla, tudíž se budu opět zaměřovat na rámy pro tuhle hmotnostní náplň.

2.2 Rám pračky typu RS

Jedná se o pevně ukotvený průmyslový prací stroj s odstřed'ováním, který se vyrábí v osmi provedeních s rozdílem hmotnostního naplnění suchým prádlem (od 6 kg do 35 kg). Rám uvedený na obrázku (Obr. 1) je tvarem stejný pro hmotnostní naplnění od 6 kg do 22 kg. Liší se pouze velikostí. Rám uvedený na obrázku (Obr. 2) je pro hmotnostní naplnění od 27 kg do 35 kg.



Obr. 1 – Rám RS10



Obr. 2 – Rám RS27

Jelikož se jedná o prací stroj s neodpruženou prací jednotkou, musí být celý stroj pevně uchycen do základu pomocí šroubů právě přes tento rám, který musí být navržen tak, aby vyhovoval všem silám a napětím vzniklých při praní a odstřed'ování.



Obr. 3 – Sestavení pračky RS10



Obr. 4 – Sestavení pračky RS27

2.2.1 Popis rámu RS

Tento rám je vyroben z normovaných profilů (nejčastěji profilů L) a plechů, které jsou k sobě navzájem přivařeny. V profilech jsou vyrobeny otvory pro následné připevnění celé pračky k betonovému základu pomocí šroubů a samozřejmě další otvory pro uchycení ostatních, souvisejících dílů (motor apod.).

Součástí rámu je obruč, která pomocí šroubového spoje drží celou sestavu prací jednotky pevně na rámu.

Celý rám včetně obruče je povrchově upraven. Tato úprava je zde použita hlavně pro zakrytí svarů, kde by mohly vznikat koroze a také pro celkový design a jednotnost vzhledu celé konstrukce. Povrchová úprava zde spočívá v odmaštění rámu, otryskání povrchu a konečnému nalakování celé sestavy rámu.

Výhody rámu RS

Hlavní výhodou je mohutnost a schopnost kvalitně odolávat všem dynamickým silám vzniklých při odstředování při nejvyšších otáčkách.

Nevýhody rámu RS

Hmotnost – Jelikož je celá konstrukce z plných profilů svařených k sobě je celková hmotnost rámu o mnoho těžší než u nového rámu RX. Díky vysoké hmotnosti je také obtížná manipulovatelnost s jednotlivými díly a následně celým rámem.

Prvovýroba – Tento rám je také složitější na výrobu z důvodu svařování dílů. Je zde zapotřebí mnoha přípravků, které zaručí kvalitní kompletaci celého rámu.

Výroba – Při výrobě rámu pračky typu RS je nutné použití vedlejších operací jako např. obrábění, lisování, tryskání, svařování a lakování. Všechny tyto operace jsou náročné jak časově tak v konečném důsledku samozřejmě i finančně.

Výrobní čas – Všechny výše uvedené skutečnosti mají za následek dlouhý čas nutný k sestavení celého rámu.

Energetická náročnost, ekologie – Jelikož je celý rám svařován a následně povrchově upraven, je zde zapotřebí speciálních pracovišť, které jsou náročné jak energeticky, což znamená opět finanční zátěž, tak ekologicky.

2.3 Rám pračky typu RX

Jedná se taktéž o pevně ukotvený prací stroj s odstřed'ováním. Na rozdíl od rámu typu RS je tento rám vyráběn novou technologií a z nových materiálů. Pračka typu RX se vyrábí ve třech typech s náplní 8 – 11 – 14 kg suchého prádla.



Obr. 5 – Rám RX105



Obr. 6 – Rám RX105

Jedná se o vysoce úsporný, průmyslový, středně otáčkový stroj s neodpruženou prací jednotkou.

Rám typu RX musí být také připevněn k betonovému základu pomocí šroubů. Otvory pro tyto kotvící šrouby se nacházejí v rozích rámu. Pro životnost celé konstrukce je velmi důležitá absolutní vodorovnost a pevnost základu pro upevnění pračky.

Jelikož je celý tento rám vyroben jinou technologií a z jiných materiálů, vznikají zde také jiné hodnoty napětí při maximálním zatížení. Rám musí opět odolat všem silám vzniklým při tomto zatížení.

Z hlediska použitých materiálů a způsobu spojování dílů zde vznikají místa, kde hodnoty napětí nejsou nevyhovující ale také ne zcela uspokojivé. Tímto problémem se bude také zabývat tato diplomová práce.



Obr. 7 – Sestavení pračky RX105



Obr. 8 – Sestavení pračky RX105

2.3.1 Popis rámu RX

Z obrázku (Obr. 5) si lze všimnout, že rám typu RX je oproti rámu typu RS vyroben ze zcela odlišného materiálu. Jedná se o ohýbané plechy tloušťky 2,5 mm. Tento plech je již předem pozinkovaný, tudíž dokáže kvalitně odolávat všem vnějším vlivům a samozřejmě také korozi. Není zde nutná jakákoliv další povrchová úprava.

Celá prací jednotka je uložena na dané místo v rámu a pevně uchycena pomocí objímek z téhož plechu. Tyto objímky jsou dále spojeny šrouby. Tyto šrouby jsou však jediným spojovacím materiálem použitým při kompletaci rámu typu RX.

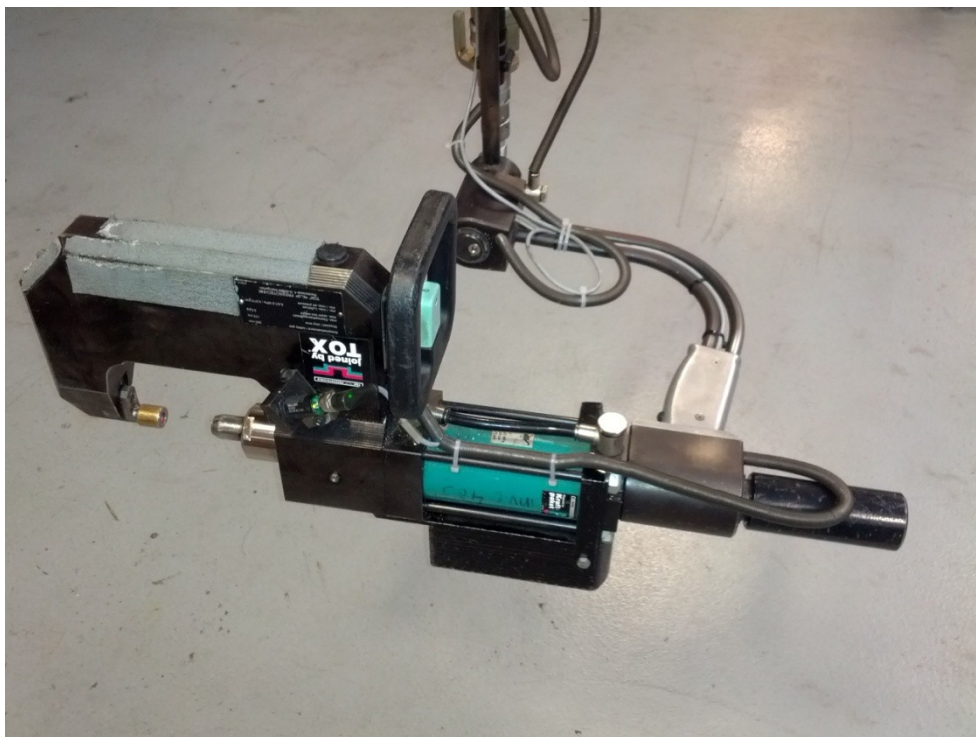
Jednotlivé výlisky jsou samozřejmě opatřeny otvory pro uchycení ostatních, souvisejících částí pračky a otvory pro uchycení celého stroje k základu.

Pro spojení těchto dílů k vytvoření celého rámu je použito technologie zvané CLINCH.

2.3.2 Technologie CLINCH [3]

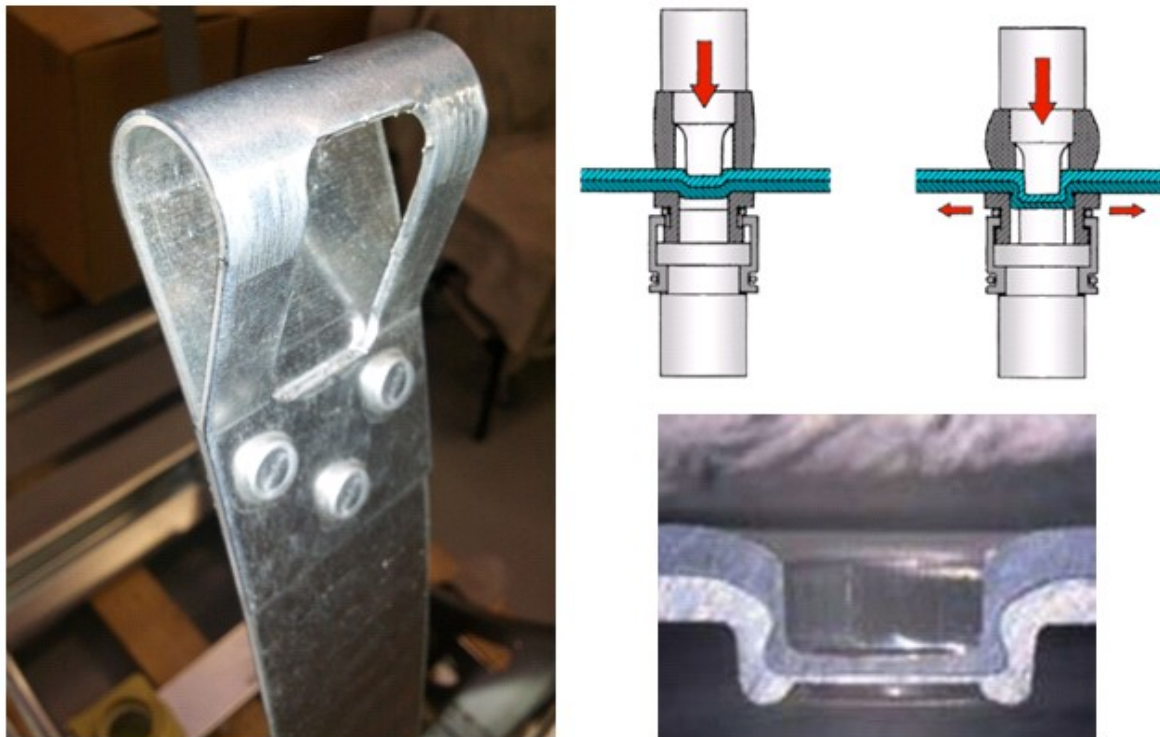
CLINCH (Klinč) je spojovací metoda, kdy se spojí dva plechy bez dalších složek nebo spojovacího materiálu pomocí tzv. Clinchovací hlavy neboli nástroje pro tvorbu Clinchovaného spoje (Obr. 9).

Na horní spojovaný materiál působí razník a v důsledku tohoto tlaku dochází k zatékání vrchního materiálu do spodního a spodního materiálu do matrice. Ke konci cyklu dojde ke stranovému zatečení horního materiálu do spodního.



Obr. 9 – Nástroj pro Clinch

Clinchování se používá především v automobilovém a elektronickém průmyslu, kde často nahrazuje bodové svařování. Clinchování je proces tváření za studena a nevyžaduje elektrinu nebo chlazení elektrod běžně použité při spojování bodovým svařováním.



Obr. 10 – Clinchovaný spoj

Výhody TOX (Clinchovaného) spoje:

- Nízké provozní náklady.
- Dynamická pevnost spoje vyšší než u bodového sváru.
- Statická pevnost dosahuje cca 70 % pevnosti bodového sváru.
- Nevznikají žádné mechanické trhliny.
- Lze spojovat již povrchově upravené materiály bez porušení povrchové vrstvy
- V místě bodu dochází ke zpevnění materiálu.
- Jednoduchou nedestruktivní metodou kontrolujeme kvalitu spoje.
- Energeticky úsporný způsob, jak spojovat dva a více materiálů.
- Bez potřeby odvětrávání a filtrace pracovního prostoru od toxických zplodin.

Výhody rámu RX

Prvovýroba – Jednoduchá zpracovatelnost na univerzálních nástrojích. Při výrobě rámu RX je použito jen jednoho přípravku ve kterém jsou postupně spojeny všechny části rámu pomocí Clinchovací hlavy.

Hmotnost – jelikož je celý rám vytvořen pouze z plechů o malé tloušťce je celý rám o mnoho lehčí než rám RS. Jednotlivé díly mají velmi malou hmotnost.

Snadná manipulovatelnost – tato výhoda je dána hlavně hmotností celku, univerzálností přípravku pro kompletaci a jednoduchostí samotné metody spojování.

Výroba bez obrábění, tryskání, svařování a lakování – jak už bylo řečeno, tak je při výrobě rámu RX použito pozinkovaného plechu a tudíž není nutno provádět další tyto operace, které by měly za důsledek časové ztráty.

Zpřesnění a zrychlení výroby – hlavním důvodem je použití moderních technologií a materiálů. Kompletace rámu pomocí technologie CLINCH zabere pouhých 22 minut. Jakékoliv zrychlení a zpřesnění výroby má za následek finanční přínos.

Nevýhody rámu RX

Hlavním nedostatkem typu rámu RX je zcela jistě schopnost odolávat napětím vniklým při maximálním zatížení. Tento rám nedosahuje zcela uspokojivých hodnot v místě ukotvení do základu. Vznikají zde koncentrace napětí, které mohou rám poškodit.

Tato diplomová práce by měla tento nedostatek eliminovat.

3 Konkurenční firmy

Mezi hlavní konkurenty firmy PRIMUS, které se zabývají průmyslovými pracími stroji, jsou firmy ELEKTROLUX, GIRBAU a MIELE (Obr. 11).



Obr. 11 – Konkurence [7], [8], [9]

Každá z těchto firem používá své vlastní postupy výroby a jiné způsoby montáže rámců těchto pracích strojů. A také každá z těchto firem si pečlivě hlídá detailnější popisy nebo dokonce obrázky těchto rámců, aby to nemohlo být zneužito jinými výrobci.

Hlavním rozdílem mezi těmito pevnými rámy pro průmyslové, prací stoje s neodpruženou prací jednotkou je spojovací materiál.

ELEKTROLUX

- Použití nýtovaných spojů



Obr. 12

GIRBAU

- Použití šroubových spojů



Obr. 13

MIELE

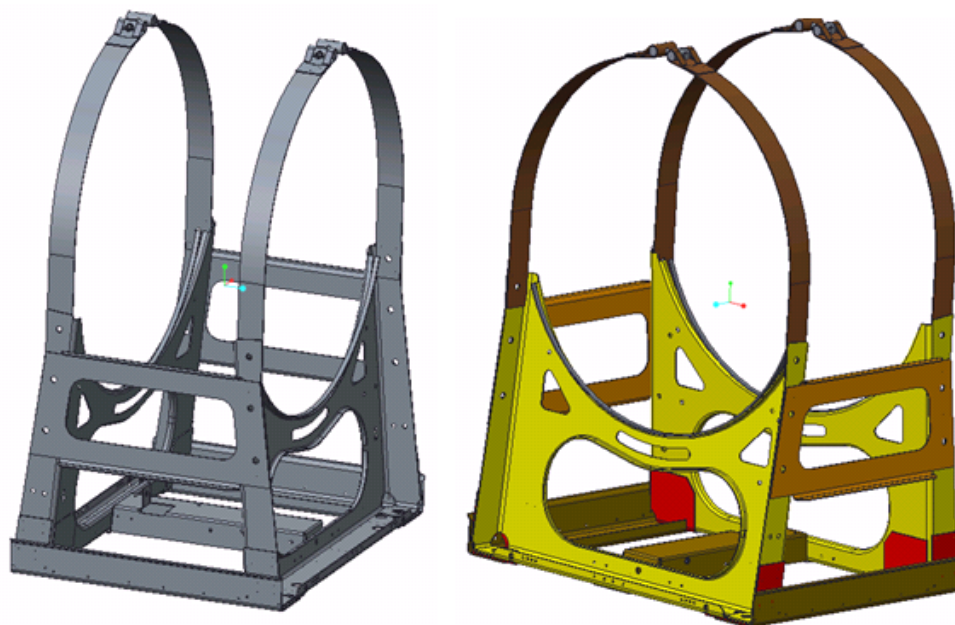
- Použití clinchovaných spojů a šroubů



Obr. 14

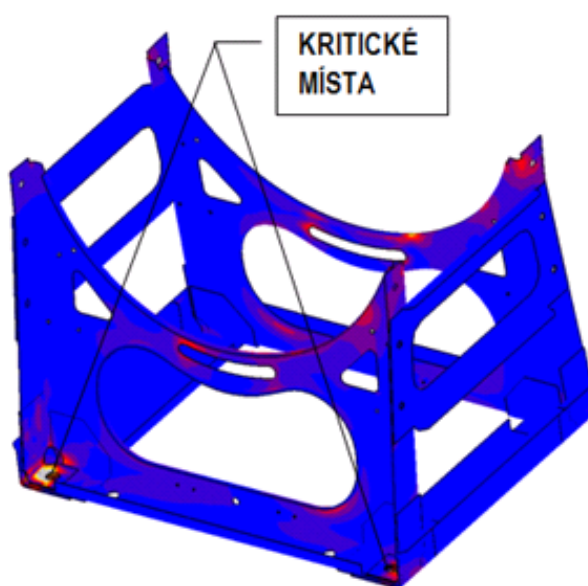
4 Rekonstrukce rámu

Na Obr. 15 je zobrazena celková sestava rámu RX. Pro názornost jsou v druhé části obrázku jednotlivé díly barevně odlišeny.



Obr. 15 – Současný rám RX105

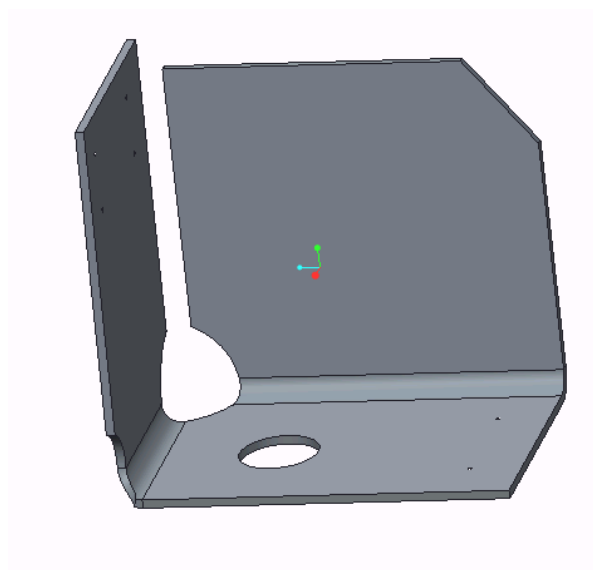
Tento rám je plně funkční ale má také místa, ve kterých nejsou hodnoty napětí vzniklé při odstředování prádla zcela uspokojující (Obr. 16). Jsou to místa, kterými je celý rám uchycen pomocí šroubů do betonového základu.



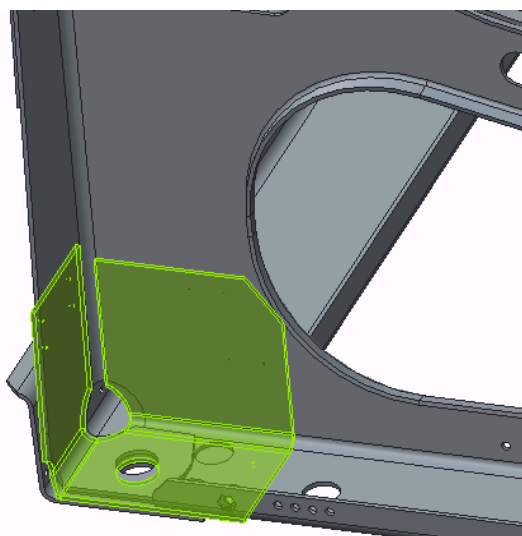
Obr. 16 – Kritická místa rámu RX105 ^[5]

Při celkovém vývoji rámu RX docházelo k různým změnám tvaru jednotlivých dílů. Byly to změny v podobě přidávání různých vystřižených otvorů pro dokonalejší rozložení napětí nebo také zešikmení čelní a zadní strany celého rámu. Všechny tyto změny měly vést ke zlepšování vlastností při maximálním zatížení.

Již výše uvedené kritické místa měly vyřešit rohové vložky (Obr. 17), které mají za úkol posílit dané místo a eliminovat tím vysoké vznikající napětí. Jsou to vložky 2,5 mm tlusté a vložené mezi boční a čelní část rámu (Obr. 18).



Obr. 17 – Rohová vložka

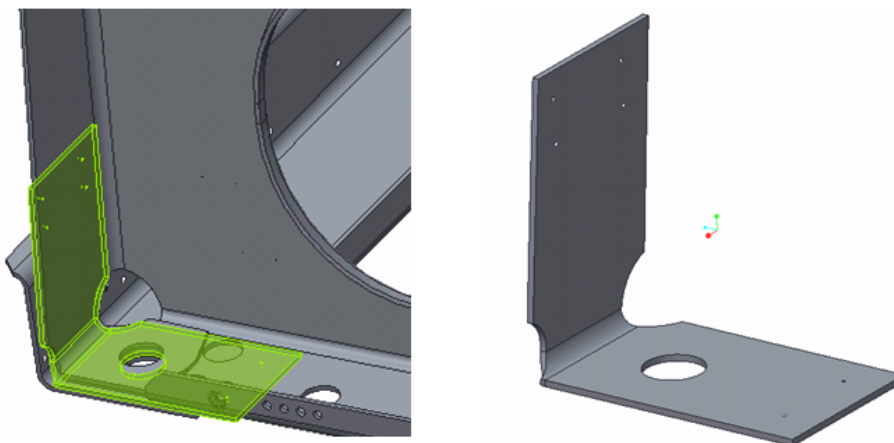


Obr. 18 – Umístění rohové vložky

Dle mého názoru je právě tato vložka stěžejním místem celé konstrukce rámu. V tomto provedení jak ji vidíme na Obr. 17 a Obr. 18 slouží pouze jako zesílení materiálu v místě šroubového spoje a ne jako konstrukčně funkční prvek zachycující také pohyby jednotlivých dílů rámu vůči sobě vznikající při maximálních otáčkách.

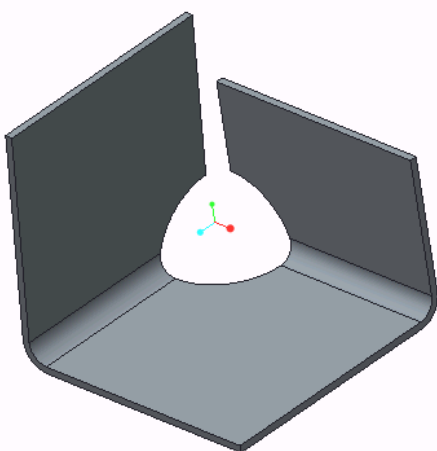
4.1 Úprava 1

První mnou navržená varianta úprav, která by měla zlepšit vlastnosti rámu při zatěžování je úprava rohové vložky (Obr. 17). Tato změna spočívá v odstranění jedné stěny této vložky, neboť dle mého názoru tato stěna nemá žádný účel z hlediska pevnosti rámu. Upravená rohová vložka je zobrazena na Obr. 19.

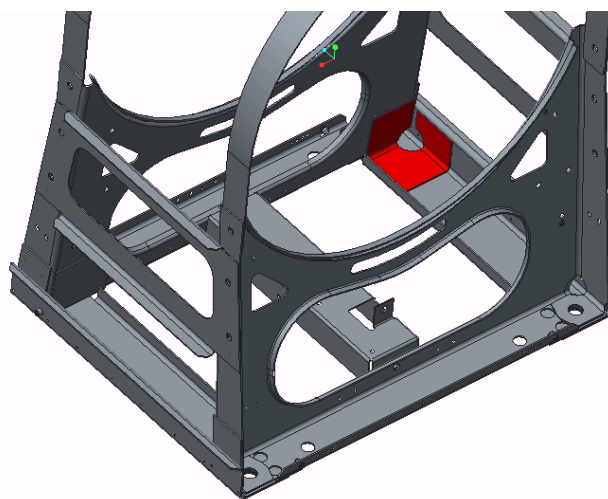


Obr. 19 – Upravená rohová vložka

Současně s touto rohovou vložkou viz. Obr. 19 navrhuji vyrobit další rohovou vložku (Obr. 20), která bude umístěna na rámu obráceně. Tato poloha rohové vložky (Obr. 21) by dle mého názoru měla lépe zamezovat pohybům jednotlivých dílů v kritickém místě vůči sobě. Předpokládám, že to bude mít za důsledek snížení napětí v kritických místech a tím lepší výsledky při pevnostních a zátěžových testech rámu.



Obr. 20 – Rohová vložka – úprava 1

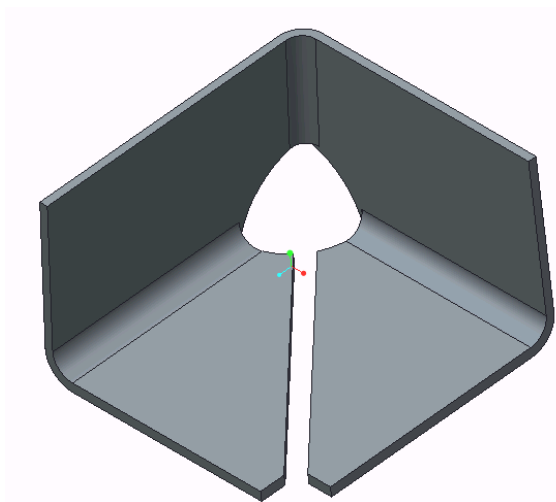


Obr. 21 – Umístění rohové vložky – úprava 1

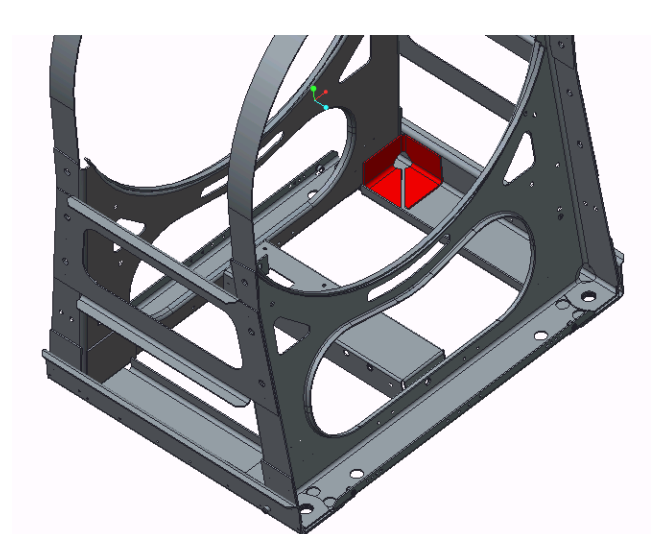
4.2 Úprava 2

Další z úprav, která by mohla zlepšit výsledky zátěžových testů a simulací je změna výše uvedené rohové vložky (Obr. 20). Myslím si, že pro vylepšení vlastností konstrukce rámu je nutno rohovou vložku vyrobit tak, aby všechny stěny rohové vložky byly vzájemně spojeny a dokázaly tak kvalitněji odolávat vznikajícím napětím od pohybů součástí vůči sobě. Jak si můžeme všimnout tak tento nedostatek je jak u současně používané vložky (Obr. 17) tak u nově navržené rohové vložky (Obr. 20). Aby byl tento nedostatek odstraněn, je zde nutná změna přístřihu vložky před vylisováním do konečného tvaru.

Na Obr. 22 je znázorněna nová rohová vložka, která dokonale plní funkci zesílení materiálu jako u vložky Obr. 17 ale navíc zlepšuje tuhost konstrukce v kritické oblasti rámu.



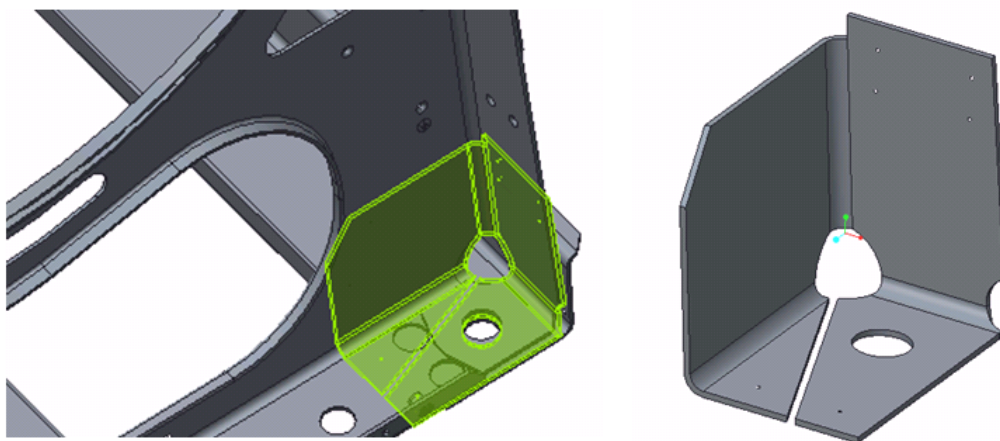
Obr. 22 – Rohová vložka – úprava 2



Obr. 23 - Umístění rohové vložky – úprava 2

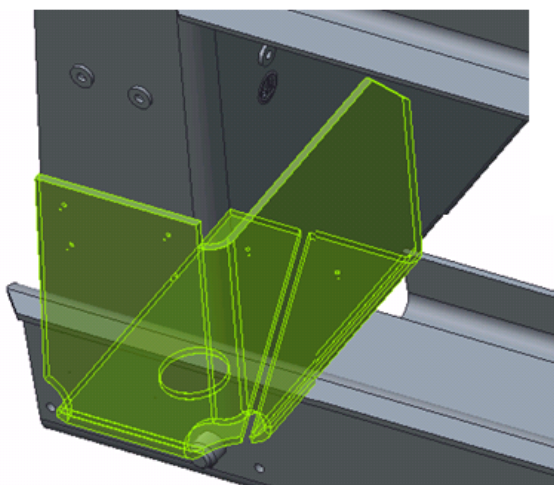
4.3 Úprava 3

Tato úprava navazuje na myšlenku vzájemného spojení všech stěn rohové vložky jako v úpravě 2. Úprava spočívá ve změně přístřihu již funkční rohové vložky (Obr. 17). Také tato úprava, jak předpokládám, bude mít za následek zlepšení pevnostních vlastností v kritické oblasti při zatěžování. Na Obr. 24 je současně používaná rohová vložka (Obr. 17) upravena dle mého názoru do funkčně dokonalejší podoby.



Obr. 24 – Rohová vložka – úprava 3

Při této úpravě rohové vložky je výhodou shodné použití a uložení jako u reálné konstrukce rámu, která je nyní vyráběna, tudíž zde není nutno příliš komplikovaných změn z hlediska výroby jako u úprav předešlých. Tím, že všechny stěny této vložky jsou spojeny v jeden celek, tvoří tak funkčně pevnější díl v sestavě rámu.



Obr. 25 - Umístění rohové vložky – úprava 2

5 Pevnostní analýzy pro jednotlivé úpravy

Nejprve však byly zjištěny zatěžující veličiny. Pomocí naměřených hodnot z životnostních testů pracího stroje byly vypočteny zatěžující síly působící na rám.

Pevnostní analýza byla provedena na aktuálně používaném rámu pračky RX105. Výsledné hodnoty této analýzy byly porovnány s výsledky analýz téhož rámu s aplikovanou změnou.

V programu Creo Parametric 2.0 byl vytvořen model zkoumaného rámu. Byla na něj aplikována pevnostní analýza, do které byly zavedeny takové podmínky, aby byl výpočet co nejbližší reálným hodnotám vzniklých při provozu pračky.

5.1 Princip vzniku sil od nevyváhy ^[5]

Prací stroj je za provozu zatěžován dynamickou silou od rotující, nevyvážené náplně prádla. Silový účinek této nevyvážené náplně je v případě životnostního testu nahrazen silovým účinkem testovací zátěže. Testovací zátěž je tvořena pryžovými pláty (Obr. 26).



Obr. 26 – Testovací zátěž ^[5]

Pryžové pláty jsou složeny do bloků a umístěny do pracího bubnu pračky (Obr. 27). Tyto bloky tvoří 20% kapacity hmotnosti suchého prádla. Tato hodnota nevyváhy je dána metodikou testování firmy Primus CE.



Obr. 27 – Rozmístění testovací zátěže v pracím bubnu ^[5]

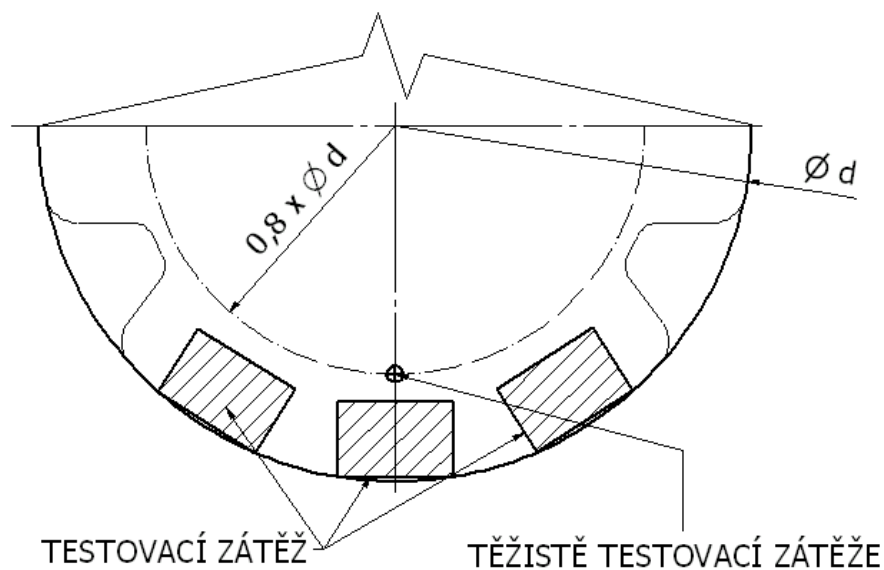
5.2 Výpočet zatěžující síly ^[5]

Dle známých parametrů pracího stroje RX105 a testu při použití testovací zátěže budou vypočteny hodnoty sil zatěžující zkoumaný rám a ložiska prací jednotky.

Hmotnost suchého prádla $m = 10,5 \text{ kg}$

Průměr bubnu $d = 620 \text{ mm}$

G- faktor $G = 200 \text{ m/s}^2$



Obr. 28 – Schéma rozmístění testovací zátěže

Úhlová rychlost:

$$\omega = \left(\frac{G \cdot 9,81}{d \cdot 2000} \right)^{0,5} = \left(\frac{200 \cdot 9,81}{620 \cdot 2000} \right)^{0,5} = 79,6 \text{ rad/sec} \quad (5.1)$$

Otáčky prací jednotky:

$$n = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} \cdot 60 = \frac{79,6}{2 \cdot \pi} \cdot 60 = 759,7 \text{ ot/s} \quad (5.2)$$

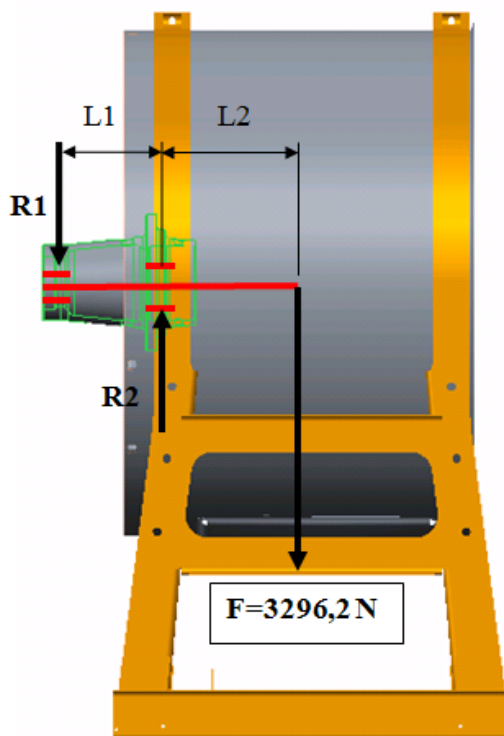
Odstředivá síla:

$$F = m \cdot 0,2 \cdot 0,8 \cdot \left(\frac{d}{2000}\right) \cdot \omega^2 = 10,5 \cdot 0,2 \cdot 0,8 \cdot \left(\frac{620}{2000}\right) \cdot 79,6^2 = 3296,2 \text{ N} \quad (5.3)$$

0,2 – Hodnota upravující hmotnost náplně pračky na 20% z maxima

0,8 – Hodnota upravující velikost průměru bubnu na průměr do těžiště testovací zátěže

Tato síla je hlavní složkou namáhající rám pračky a bude dále používána při pevnostních výpočtech a MKP analýzách dále s reakcemi do ložisek.



Obr. 29 - Schéma namáhání ložisek od odstředivé síly

Meziložisková vzdálenost $L_1 = 147 \text{ mm}$

Rameno odstředivé síly $L_2 = 196 \text{ mm}$

Výpočet reakcí do ložisek

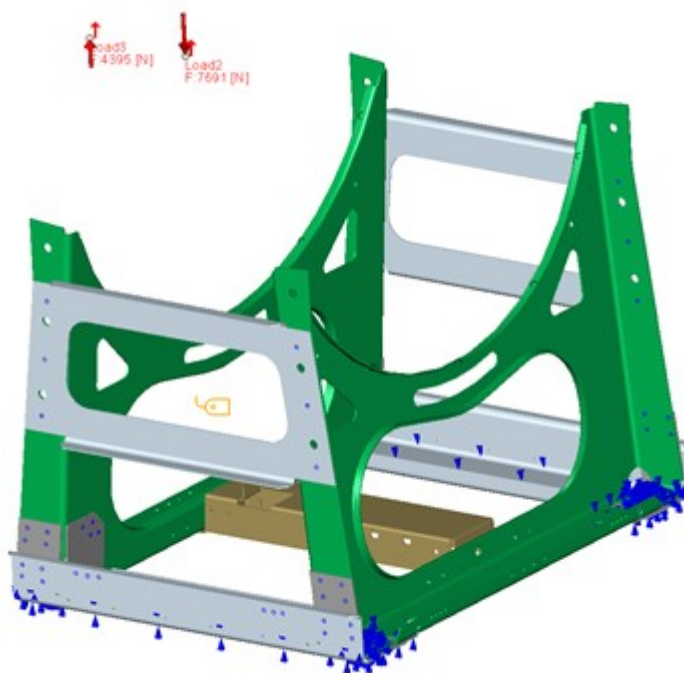
$$R_1 = \frac{-F \cdot L_2}{L_1} = \frac{-3296,2 \cdot 196}{147} = -4395 \text{ N} \quad (5.4)$$

$$R_2 = F - R_1 = 3296,2 - (-4395) = 7691 \text{ N} \quad (5.5)$$

5.3 Pevnostní analýza současného rámu RX105

Samotná analýza se skládá ze tří výpočtů. Je to vždy pro jiný směr zatěžující síly protože v každém směru má síla být o stejné hodnotě jiný vliv na hodnoty napětí v materiálu. Výpočet je prováděn zavedením reakčních sil do míst, kde se nacházejí ložiska.

Do pomyslné osy vnějšího bubnu prací jednotky byly zavedeny reakční síly přesně do polohy dle Obr. 29. Působení těchto reakcí bylo nastaveno v programu tak, aby se skutečně přenášelo přes určené dosedací plochy na rámu. Na Obr. 30 jsou zobrazeny zavedené reakční síly v příslušných místech i s číselnými hodnotami.



Obr. 30 – Zavedení zatěžujících sil

Byly nastaveny omezující podmínky pro výpočet. Pod celým rámem byla nasimulována podlaha zamezením pohybů ve svislém směru, aby se rám nemohl takto deformovat. Dále byl celý rám uchycen a zamezen pohybům do všech směrů přes kotvící otvory.

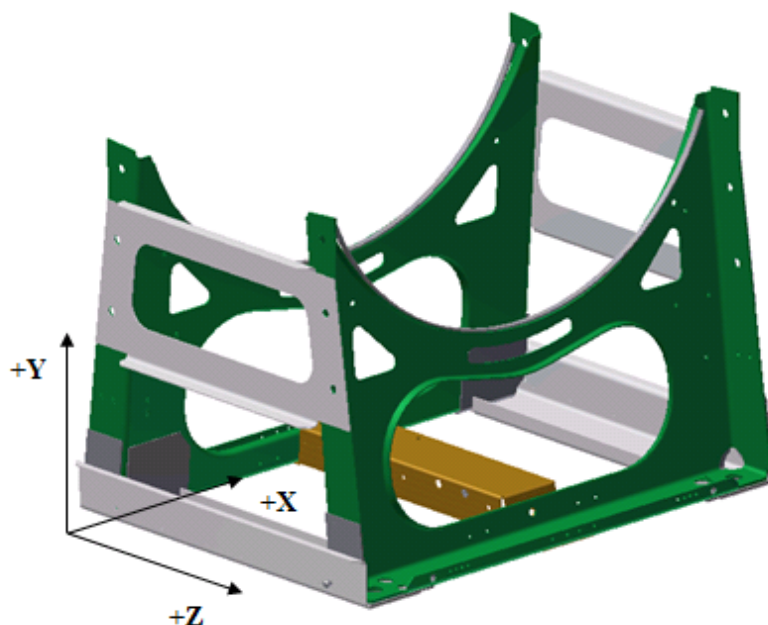
Před konečnou analýzou je nutno ještě zavést materiálové vlastnosti. Všechny díly v sestavě rámu jsou vyrobeny ze stejného materiálu, tudíž je zvolen materiál komplexně pro celou sestavu. V Tab. 3 jsou uvedeny všechny materiálové hodnoty.

Tab. 3 – Materiálové hodnoty

Pozinkované ocelové plechy

Youngův modul	185000	MPa
Poissonova konstanta	0,3	-
Tloušťka plechu	2,5	mm
Hustota oceli	7800	kg/m ³

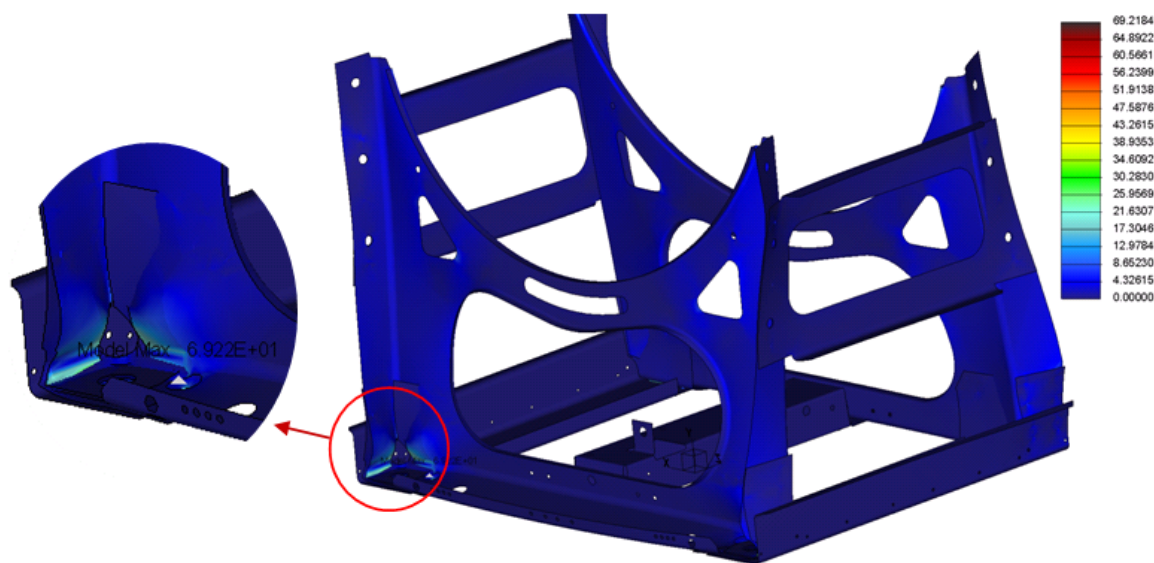
Pro modelování byl použit následující souřadný systém:



Obr. 31 – Souřadný systém

5.3.1 Zatížení svisle dolů

V tomhle případě namáhání působí reakce tak, aby odstředivá síla F působila na rám kolmo k podlaze (tzn. ve směru záporné osy Y). Takovéto zatížení je nejideálnější vzhledem k rozložení síly v rámu. Na Obr. 32 je zobrazen analyzovaný rám i s výslednými hodnotami napětí.



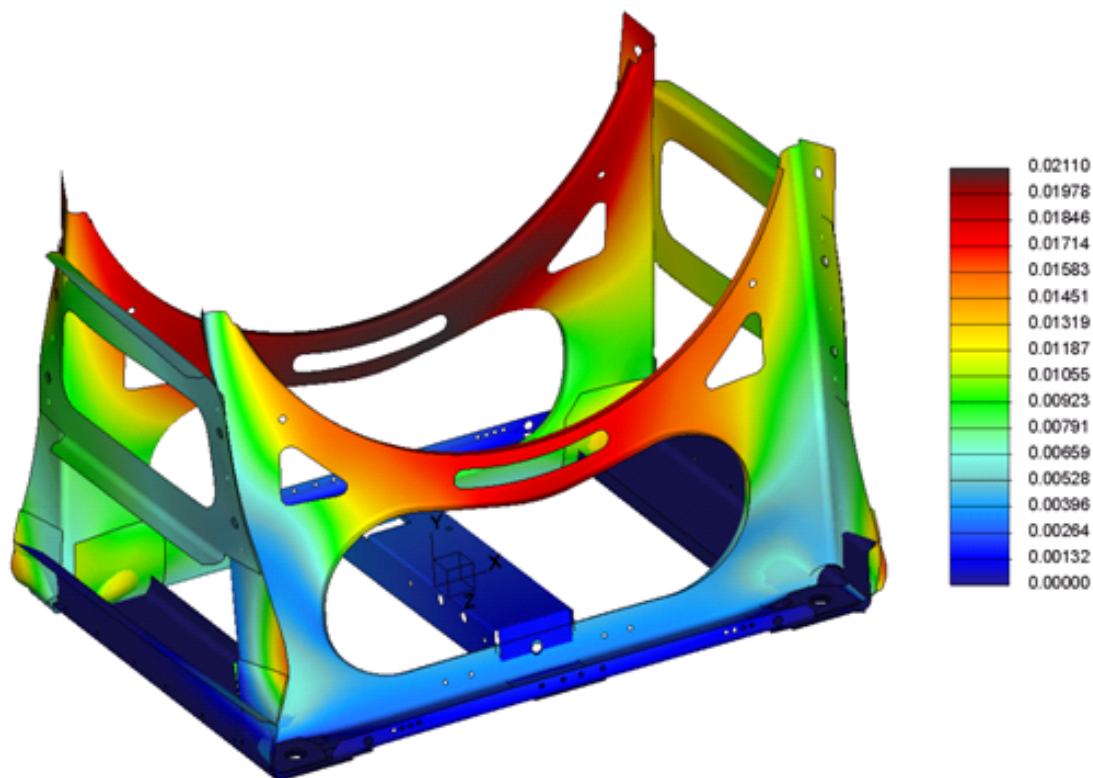
Obr. 32 – Rám zatížený silou svisle dolů

Výsledná hodnota napětí při tomhle směru zatížení je 69,2184 MPa. Dle Obr. 32 je maximální hodnota napětí v okolí kotvicích otvorů. Výsledky MKP analýzy provedené firmou PRIMUS dosahovaly hodnot přibližně 75 MPa tudíž můžu předpokládat správnost těchto výpočtů.

Odchyłky ve výsledcích můžou být způsobeny odlišností některých okrajových podmínek, případně také použitím jiného výpočetního programu.

Deformace rámu:

Deformace rámu při zatížení dosahují maximální hodnoty 0,02110 mm. Dle Obr. 33 je barevně znázorněna oblast největších deformací materiálu.



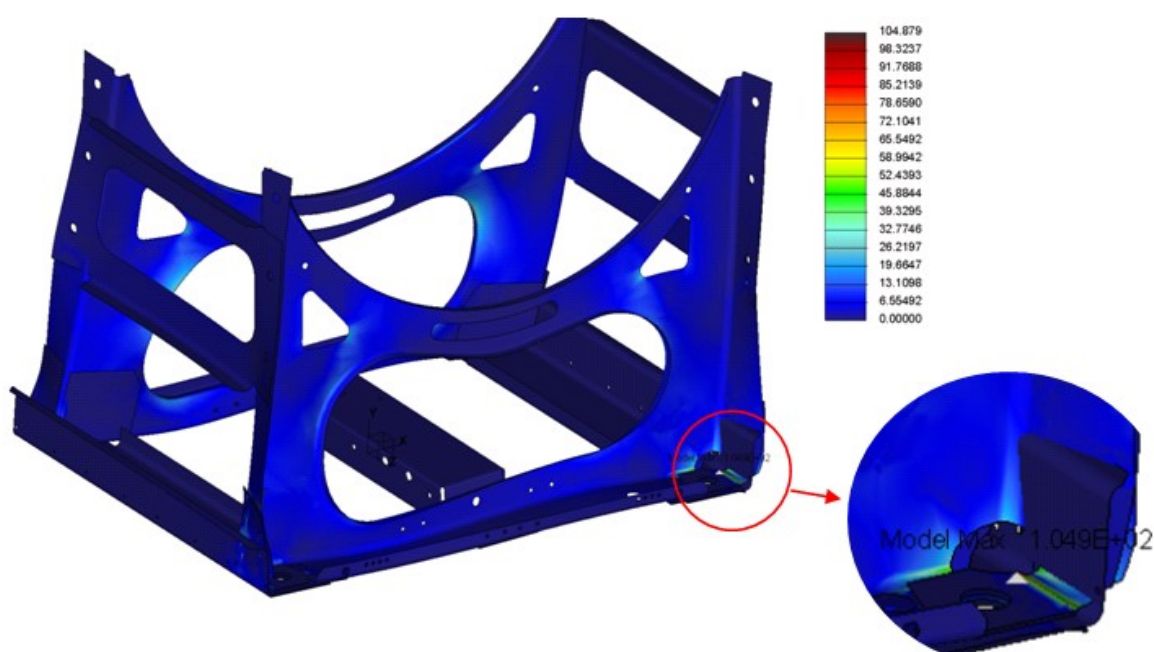
Obr. 33 – Deformace rámu

V deformacích rámu není zahrnuta deformace od utažení vnějšího bubnu do rámu. V případě zahrnutí i této podmínky by se hodnoty maximální deformace ještě navýšily.

Hodnota deformací není pro řešení této diplomové práce významná. Proto nejsou v dalších výsledcích z důvodu úspory místa uváděny výsledné deformace formou obrázků ale pouze číselně.

5.3.2 Zatížení do strany

V tomto případě namáhání (tzn. ve směru kladné osy X) působí reakce tak, aby odstředivá síla F působila na rám do strany. Při takovémto způsobu namáhání je předpoklad největších hodnot napětí. Tohle je zapříčiněno nerovnoměrným rozložením sil do rámu. Všechny síly se soustřeďují více do jedné poloviny rámu a to ve směru působení odstředivé síly F . Na Obr 34 je zobrazen analyzovaný rám zatížený silami působícími do stran vzniklými při odstředování.



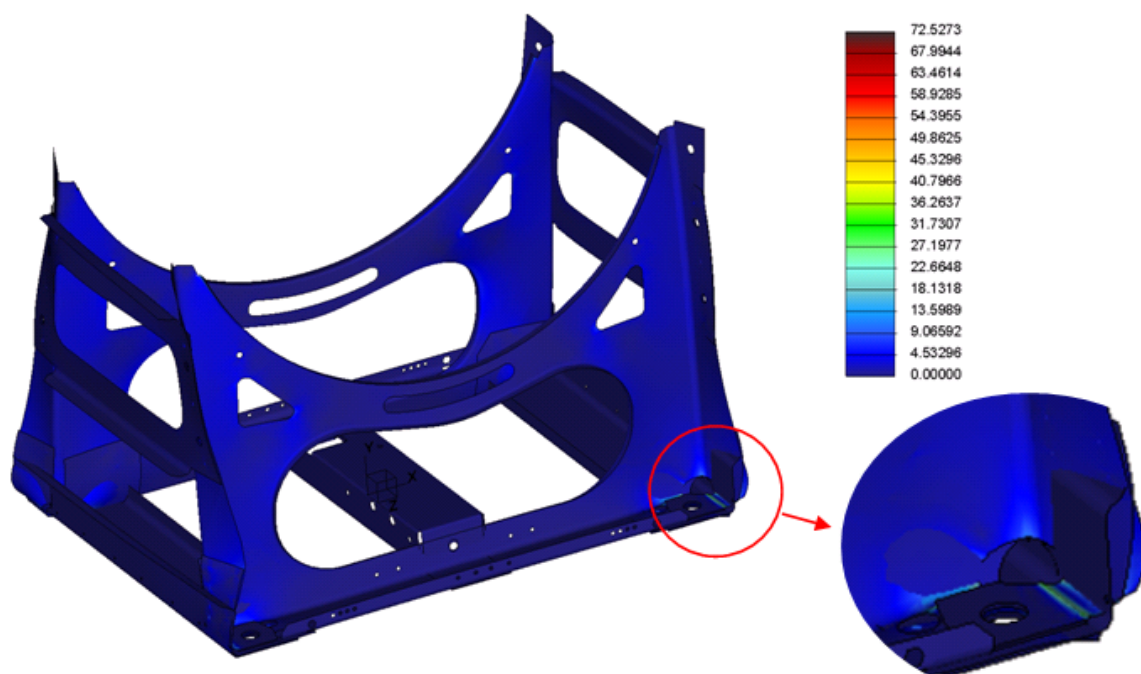
Obr. 34 - Rám zatížený silou do strany

Výsledná hodnota napětí při zatížení do strany je 104,879 MPa. Maximální hodnota napětí je opět v oblasti kotvících otvorů. Jak již bylo řečeno, tak napětí se opravdu soustřeďuje jen do v tomto případě pravé části rámu.

V případě síly působící do strany se pochopitelně navýšily i hodnoty maximálních deformací materiálu. Maximální hodnota deformace materiálu je v tomto případě 0,06561 mm.

5.3.3 Zatížení vzhůru

Při zatěžování silou vzhůru (tzn. ve směru kladné osy Y) se může zdát, že namáhání je stejné jako u zatěžování silou svisle dolů. Hlavní rozdíl je v okrajové podmínce. V tomhle případě zde není zahrnuta do výpočtu podlaha, neboť při takovémto směru síly se celý rám může prohýbat a deformovat směrem vzhůru. To platí hlavně pro díly rámu, které jsou v přímém kontaktu s podlahou a při ponechání této okrajové podmínky by se nemohly deformovat ve směru namáhání. To má za důsledek zvýšení napětí v kritických místech. Obr. 35 zahrnuje výsledky analýzy při zatěžování rámu silami působící vzhůru.



Obr. 35 - Rám zatížený silou vzhůru

Oproti svislému zatížení je opravdu napětí v kritických místech navýšeno. Maximální napětí je tedy 72,5273 MPa. Tato hodnota opět nabývá v místech kotvení rámu do betonového základu.

Také deformace je opět navýšena oproti namáhání svisle. Pro případ namáhání silovým účinkem směrem vzhůru je maximální hodnota deformace 0,02327 mm.

5.3.4 Výsledky MKP analýzy současného rámu pračky RX105

Všechny získané výsledky a hodnoty z MKP analýzy pro všechny tři směry namáhání rámu jsou zapsány v následující Tab. 4.

Tab. 4 - srovnání MKP analýz

	Směr zatížení		
	Svisle dolů	Do strany	Vzhůru
Napětí [Mpa]	69,2184	104,879	72,5273
Deformace [mm]	0,02110	0,06561	0,02327

Dle této srovnávací tabulky je jasně vidět, že rám pračky RX105 je nejvíce namáhán právě od síly do strany, kdy je namáhána jedna strana rámu více než ta druhá.

Všechna napětí i deformace jsou z tohoto důvodu kumulována na menším prostoru a tudíž nabývají větších hodnot.

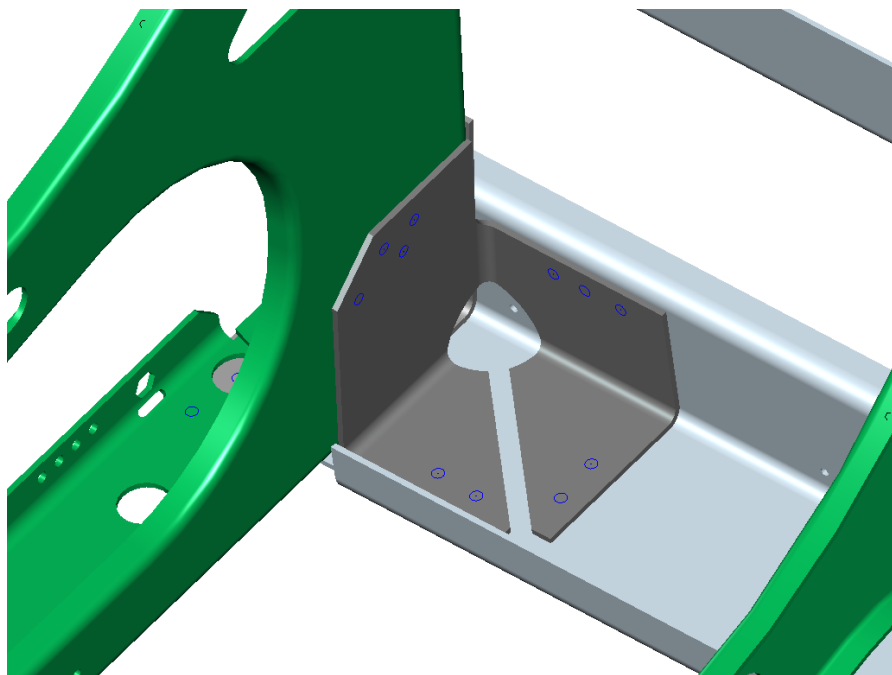
5.4 Pevnostní analýza pro navrhovanou úpravu 2 rámu pračky RX105

Tato pevnostní analýza proběhla obdobně jako u současně používaného rámu. Výpočet byl proveden ve všech třech směrech působení výsledné odstředivé síly F za použití reakčních sil v ložiskách.

Materiálové hodnoty jsou stejné jako u předešlé analýzy (Tab. 3).

Pro kvalitní srovnání výsledků této analýzy bylo použito naprosto stejných okrajových podmínek i silových veličin pro výpočet jako u pevnostní analýzy současného rámu RX105.

V první řadě bylo nutno upravit model. Jak bylo později zjištěno tak v podobě jako na Obr. 22 by nebylo možno dostatečně a kvalitně upevnit tuto rohovou vložku technologií Clinch k rámu. Na Obr. 36 je proto znázorněna rohová vložka pro úpravu 2 ve své konečné podobě.

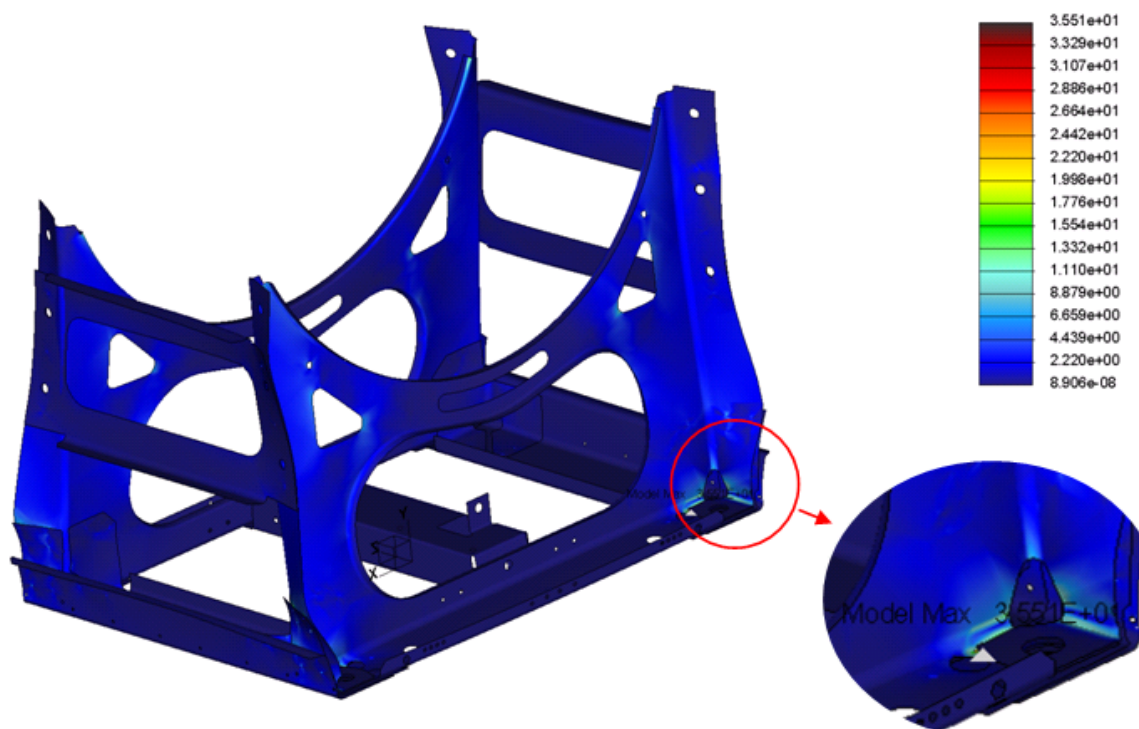


Obr. 36 - Umístění rohové vložky – úprava 2

Můžeme zde vidět tuto rohovou vložku zasazenou do sestavy rámu i s nasimulovanými místy pro spojení technologií Clinch.

5.4.1 Zatížení svisle dolů

Reakční síly byly zavedeny opět do bodů k tomu určených a v programu virtuálně spojeny s kontaktními plochami na rámu. Tyto reakční síly byly zavedeny tak, aby odstředivá síla F působila na rám kolmo k podlaze (tzn. ve směru záporné osy Y). Na Obr. 37 jsou zobrazeny výsledky takto namáhaného rámu s měřítkem deformace o velikosti 5%.



Obr. 37 - Rám zatížený silou svisle dolů

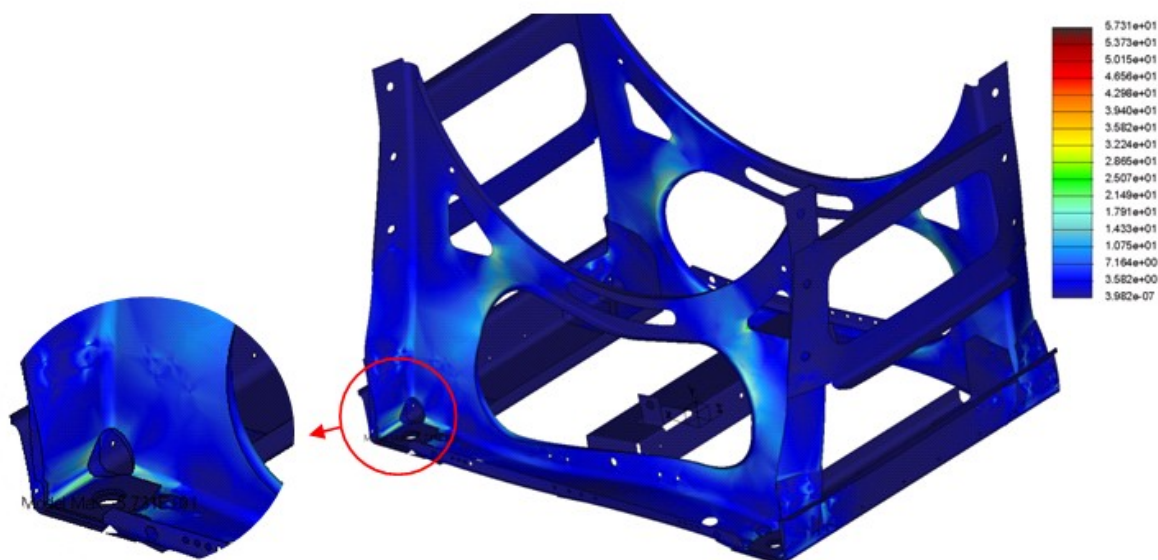
Maximální velikost napětí při svislém směru zatížení je 35,51 MPa. Také v tomto případě provedení rámu je maximální hodnota napětí v okolí kotvicích otvorů.

Vizuální výsledky z deformačních analýz se příliš neliší od výsledků analýzy současného rámu RX105. Tudíž budou hodnoty všech následujících deformací uváděny opět pouze číselně.

Deformace při svislém směru namáhání je 0,01817 mm.

5.4.2 Zatížení do strany

V tomhle případě namáhání (tzn. ve směru kladné osy X) můžeme opět předpokládat nejvyšší koncentrace napětí v kritických místech. Na Obr. 38 je uveden analyzovaný rám při silovém zatížení do strany.



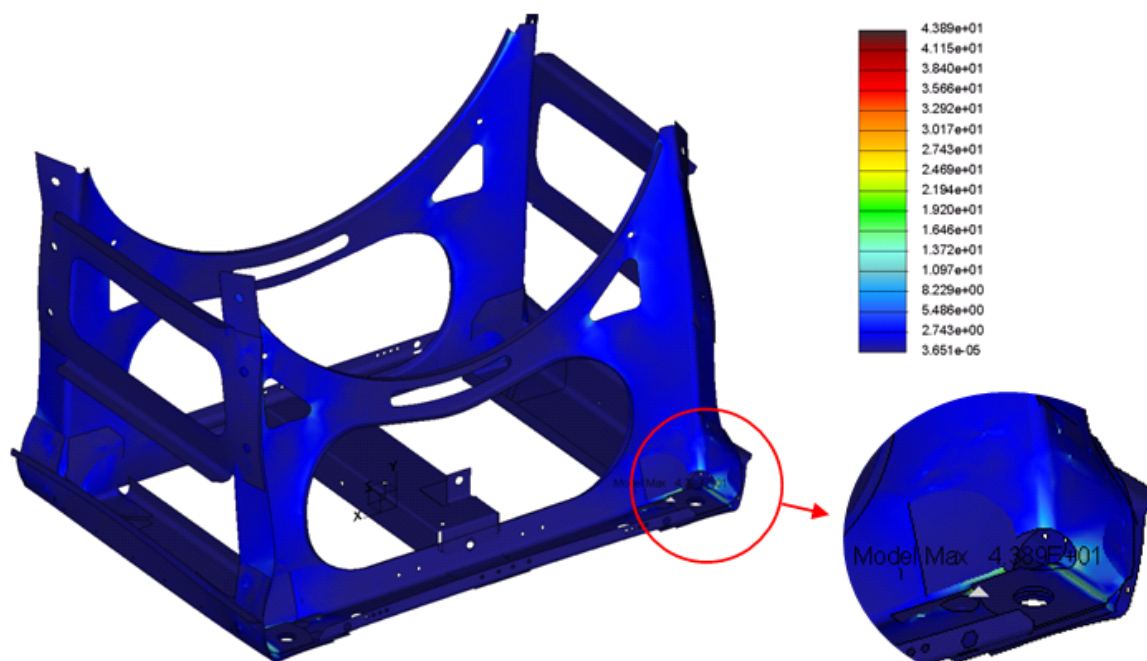
Obr. 38 - Rám zatížený do strany

Dle předpokladu je napětí při stranovém zatížení opět o mnoho větší než u předešlého případu. Maximální hodnoty napětí zde dosahují až 57,37 MPa a opět je to v okolí kotvicích otvorů rámu.

Deformace při stranovém zatížení je dle předpokladu vyšší než u ostatních směrů zatěžování. Maximální deformace je tedy 0,05032 mm.

5.4.3 Zatížení vzhůru

Při takovémto směru zatížení (tzn. ve směru kladné osy Y) je opět odebrána okrajová podmínka simulující podlahu. Na Obr. 39 je zobrazeno a barevně odlišeno napětí materiálu rámu v jednotlivých místech.



Obr. 39 - Rám zatížený silou vzhůru

Napětí při zatížení směrem vzhůru dosahuje maximálních hodnot opět v místě kotvení do základu, jak lze vidět na Obr. 39. Maximální hodnota napětí pro tento případ je 43,85 MPa.

Maximální deformace rámu od nezatíženého stavu je 0,01937 mm.

5.4.4 Výsledky MKP analýzy rámu pračky RX105 pro úpravu 2

Všechny získané výsledky a hodnoty z MKP analýzy pro všechny tři směry namáhání rámu jsou zapsány v následující Tab. 5.

Tab. 5 - srovnání MKP analýz

	Směr zatížení		
	Svisle dolů	Do strany	Vzhůru
Napětí [Mpa]	35,51	57,31	43,89
Deformace [mm]	0,01817	0,05032	0,01937

Pro navrhovanou úpravu rámu pračky RX105 bylo zjištěno největších hodnot napětí i deformací opět při směru zatížení do strany.

Deformace rámu jsou zanedbatelné a nijak neohrožují rám v jeho funkci.

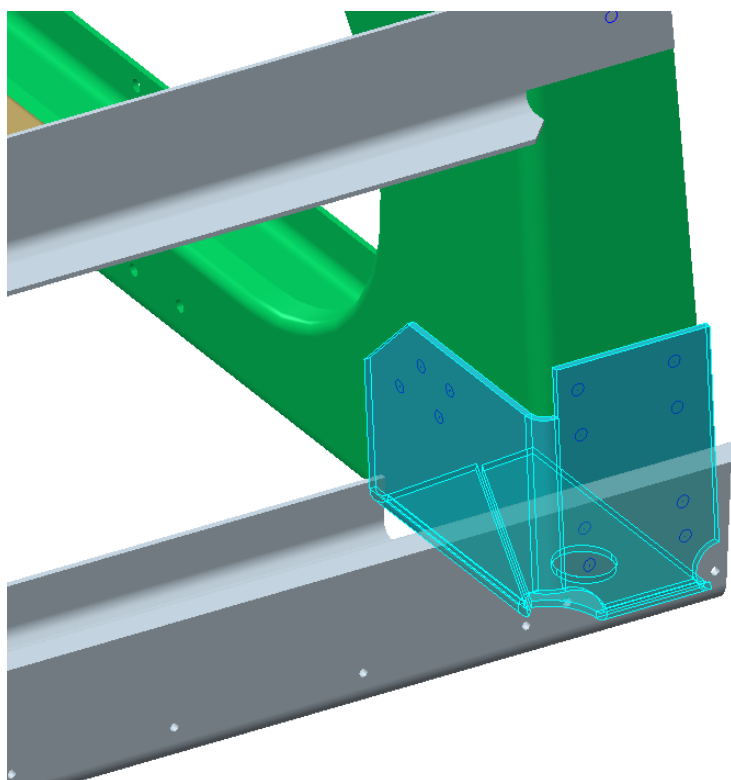
5.5 Pevnostní analýza pro navrhovanou úpravu 3 rámu pračky RX105

Byla provedena pevnostní analýza rámu za použití speciální rohové vložky dle Obr. 24. Výpočet byl proveden ve všech třech směrech působení výsledné odstředivé síly F za použití reakčních sil v ložiskách.

Všechny materiálové hodnoty jsou stále stejné jako u předešlých analýz (Tab. 3).

Bylo také použito stejných okrajových podmínek i silových veličin jako u předešlých analýz. To vše z důvodu následného porovnávání. V případě že nesouladu těchto podmínek pro výpočet by nebylo možno kvalitně srovnávat naměřené výsledky a tudíž vyhodnotit úpravu rámu, která nejlépe odolává silám vzniklých při provozu pračky.

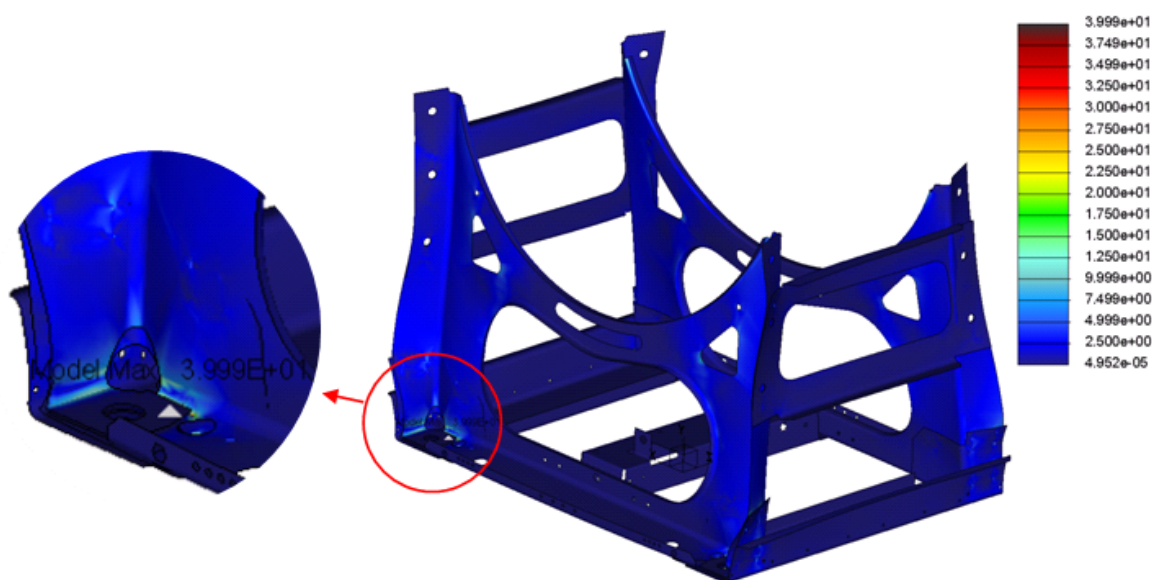
Na Obr. 40 je uvedena rohová vložka zasazená sestavě rámu i s nasimulovanými místy pro spojení technologií Clinch.



Obr. 40 – Umístění rohové vložky - úprava 3

5.5.1 Zatížení svisle dolů

Reakční síly byly zavedeny tak, aby odstředivá síla F působila na rám kolmo k podlaze (tzn. ve směru záporné osy Y). Na Obr. 41 jsou zobrazeny výsledky nejvíce namáhaného místa na rámu s aplikovanou úpravou 3.



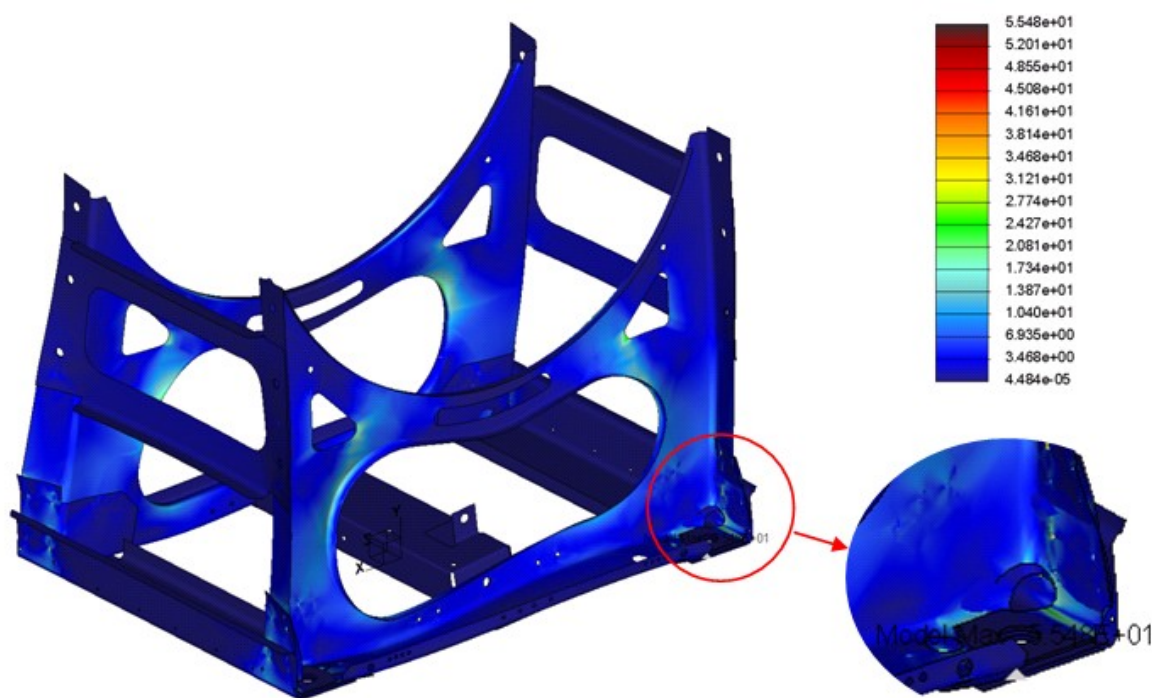
Obr. 41 - Rám zatížený silou svisle dolů

Maximální napětí v rámu se nachází opět v místě kotvení rámu. Při namáhání směrem svisle dolů je toto napětí 39,99 MPa.

Největší deformace v rámu dosahují hodnoty 0,01885 mm což je opět velmi malá hodnota.

5.5.2 Zatížení do strany

Rám pračky RX105 byl analyzován stejně jako v předešlých případech silou se směrem zatížení do strany (tzn. ve směru kladné osy X). Výsledky analýzy rámu pro zatížení do strany jsou uvedeny na Obr. 42.



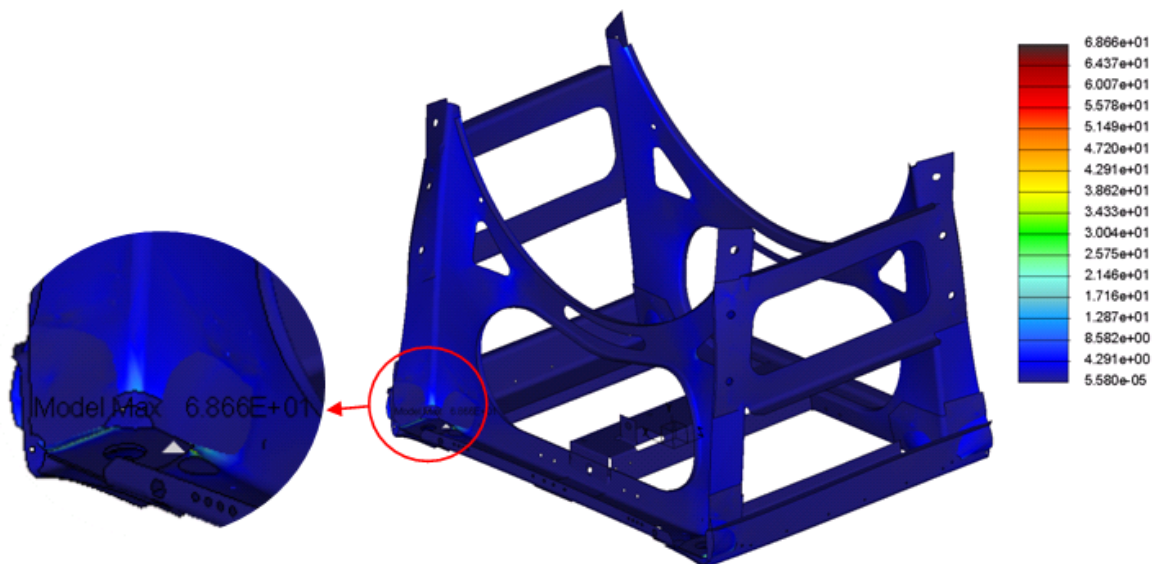
Obr. 42 - Rám zatížený silou do strany

Napětí při tomto směru zatížení dosahuje maximální hodnoty 55,48 MPa. Také v tomto případě se napětí nejvíce koncentruje v okolí děr pro šrouby a následné kotvení.

Maximální deformace je rovna hodnotě 0,05096 mm.

5.5.3 Zatížení vzhůru

Obr. 43 zobrazuje výsledky deformací při namáhání rámu RX105 s použitou úpravou 3 silou směrem vzhůru (tzn. ve směru kladné osy Y).



Obr. 43 - Rám zatížený silou vzhůru

K maximálnímu napětí dochází v místech okolo kotvicích otvorů jako u všech předešlých případů. Toto napětí maximální hodnotu 68,66 MPa.

Maximální deformace rámu je 0,02039 mm. Tato deformace se nachází ve stejných oblastech rámu všech provedených analýz.

5.5.4 Výsledky MKP analýzy rámu pračky RX105 pro úpravu 3

Všechny získané výsledky a hodnoty z MKP analýzy pro všechny tři směry namáhání rámu jsou zapsány v následující Tab. 6.

Tab. 6 - srovnání MKP analýz

	Směr zatížení		
	Svisle dolů	Do strany	Vzhůru
Napětí [MPa]	39,99	55,48	68,66
Deformace [mm]	0,01885	0,05096	0,02039

Pro tuto navrhovanou úpravu rámu pračky RX105 bylo zjištěno největších hodnot napětí i deformací překvapivě při směru zatížení směrem vzhůru.

Je to důsledek použití velmi podobného tvaru rohové vložky. Pro směr zatížení směrem vzhůru (tzn. ve směru kladné osy Y) tato vložka není natolik účinná z hlediska poklesu napětí v kritickém místě.

5.6 Zhodnocení výsledků všech provedených MKP analýz

Byly provedeny MKP analýzy jak rámu současného, tak rámu s dvěma aplikovanými úpravami. Tyto úpravy mely zapříčinit zlepšení vlastností rámu pračky RX105 z hlediska koncentrací napětí v kritických místech okolo kotvicích otvorů.

Výsledky těchto MKP analýz jsou zapsány v následující Tab. 7

Tab. 7 - srovnání MKP analýz

	Směr zatížení			
	Svisle dolů	Do strany	Vzhůru	
Současný rám PRIMUS	69,23	104,88	72,53	Napětí
	0,021	0,066	0,023	Deformace
Rám pro úpravu 2	35,51	57,31	43,89	Napětí
	0,018	0,050	0,019	Deformace
Rám pro úpravu 3	39,99	55,48	68,66	Napětí
	0,019	0,051	0,020	Deformace

Z tabulky lze jasně vidět, že provedené úpravy na rámu měly velký význam. Obě z úprav měly za následek snížení napětí v kritickém místě.

Úprava 3 má velmi uspokojivé výsledky ve směru svisle dolů a do strany. V obou těchto případech výpočtu došlo ke snížení napětí v kritickém místě až o 45%. Jinak tomu bylo ve výpočtu pro směr zatížení směrem vzhůru. Tam napětí také pokleslo, ale jen o pouhých 6% což není mnoho.

Úprava 2 má velmi uspokojivé výsledky ve všech třech směrech. Pokles napětí se zde pohybuje v rozmezí 41% – 50 %. Je tedy možno říci, že použití rohové vložky dle úpravy 2 (Obr. 36) **je účinnější** z hlediska poklesu napětí v kritickém místě než použití rohové vložky dle úpravy 3 (Obr. 40).

Výkres rohové vložky dle úpravy 2 i s rozvinutou plochou a příslušnými rozměry je uveden v příloze 1 diplomové práce.

Vzniklé deformace při zatěžování jsou zanedbatelně malé. Provedené úpravy rámu na tyto deformace nemají velký vliv.

6 Měření napjatosti pomocí tenzometrie

Tato kapitola by se měla zabývat reálným měřením na stroji RX105 pomocí nalepených tenzometrů do kritických míst. Naměřené výsledky se porovnají s výsledky pevnostních analýz MKP.

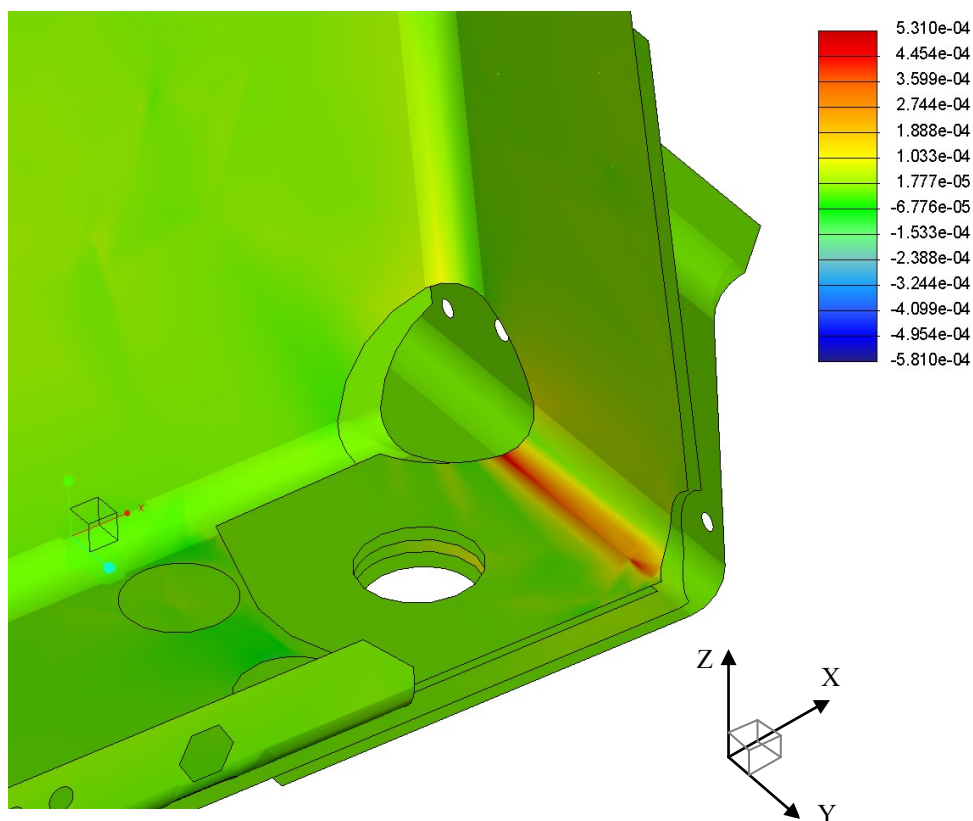
6.1 Příprava měření

Protože tenzometr snímá jen poměrné prodloužení ve směru svého nalepení, je nutno analyzovat, při potřebě srovnávání tenzometrie s MKP, vždy jeden směr napjatosti (poměrného prodloužení). Proto je nutno vykreslit hodnoty poměrného prodloužení pro směr XX a YY. Toto je provedeno opět v programu Creo Parametric 2.0.

Nejprve jsem zobrazil poměrná prodloužení působící ve směrech souřadných os, abych zjistil místa koncentrací a lépe tak vytipoval místa pro umístění jednoho nebo více tenzometrů.

6.1.1 Poměrné prodĺoužení současného rámu RX105 ve směru XX

Na Obr. 44 je zobrazeno poměrné prodĺoužení ve směru XX uvedeného souřadného systému pro kritickou oblast současně používaného rámu pračky RX105.

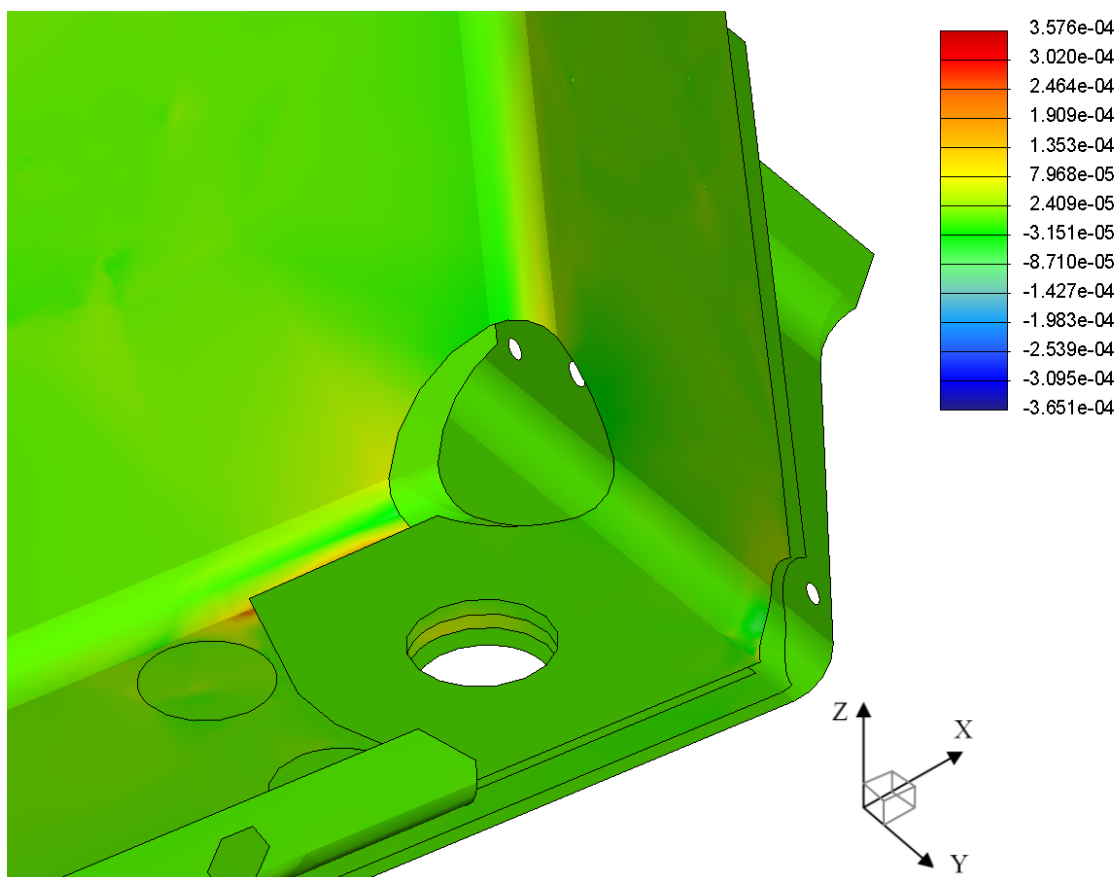


Obr. 44 – Poměrné prodĺoužení ve směru XX

Poměrné prodĺoužení (MKP) ve směru XX dle souřadnicového systému je $0,00053$ (červená barva). Maximální smrštění v tomto směru je $0,00058$ (modrá barva).

6.1.2 Poměrné prodloužení současného rámu RX105 ve směru YY

Obr. 45 zobrazuje poměrné prodloužení současného rámu ve směru YY uvedeného souřadnicového systému.

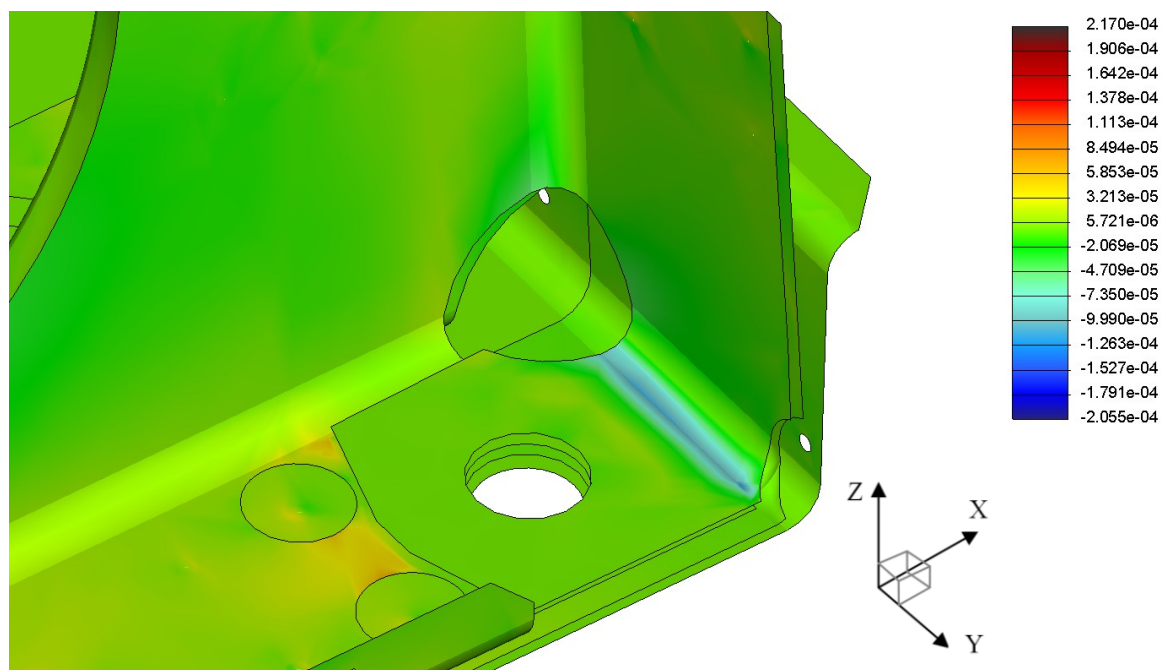


Obr. 45 – Poměrné prodloužení ve směru YY

Poměrné prodloužení (MKP) ve směru YY dle souřadnicového systému je $0,00036$ (červená barva). Maximální smrštění v tomto směru je $0,00037$ (modrá barva).

6.1.3 Poměrné prodloužení rámu pro úpravu 2 ve směru XX

Na Obr. 46 je zobrazeno poměrné prodloužení upraveného rámu ve směru XX dle stejného souřadného systému jako pro současný rám RX105.

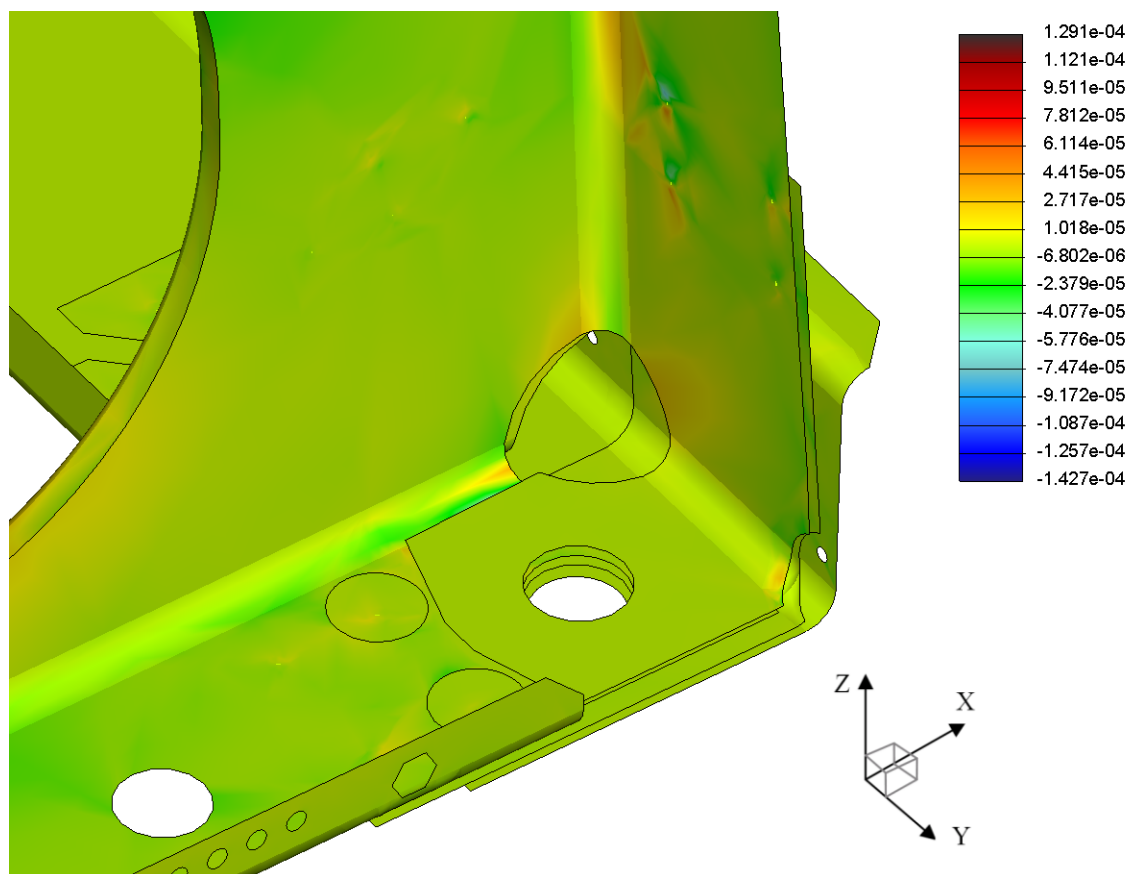


Obr. 46 – Poměrné prodloužení ve směru XX – úprava 2

Poměrné prodloužení (MKP) ve směru XX dle souřadnicového systému je 0,00022 (červená barva). Maximální smrštění v tomto směru je 0,00021 (modrá barva).

6.1.4 Poměrné prodloužení rámu pro úpravu 2 ve směru YY

Poměrné prodloužení ve směru YY pro aplikovanou úpravu 2 na rám RX105 je uvedeno na Obr. 47.



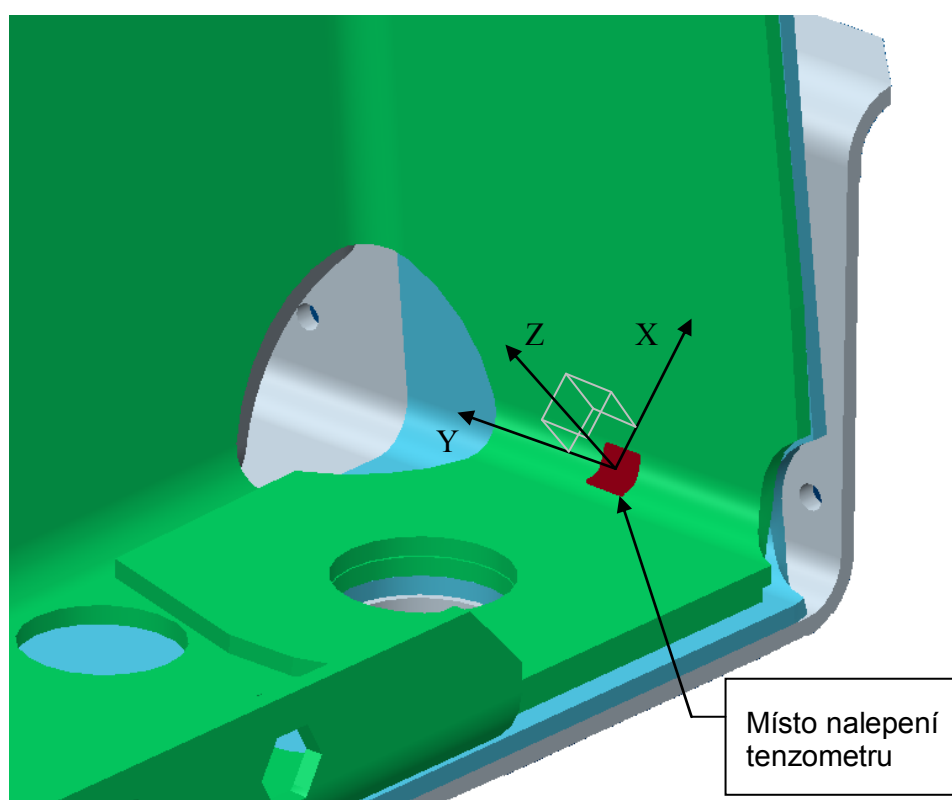
Obr. 47 - Poměrné prodloužení ve směru YY – úprava 2

Poměrné prodloužení (MKP) ve směru YY je 0,00013 (červená barva). Maximální smrštění v tomto směru je 0,00014 (modrá barva).

6.2 Místo nalepení tenzometru

Na základě výše uvedených obrázků a polohy poměrného prodloužení jsem se rozhodl umístit tenzometr do rádiusu dle Obr. 48.

Abychom dostali správnou hodnotu poměrného prodloužení v daném směru metodou MKP je potřeba upravit souřadný systém tak, aby hledaná osa byla tečná na místo instalace tenzometru (Obr. 48). Jen tak dostaneme hodnoty poměrného prodloužení porovnatelné s naměřenými hodnotami poměrného prodloužení pomocí tenzometru.



Obr. 48 – Místo nalepení tenzometru – souřadný systém

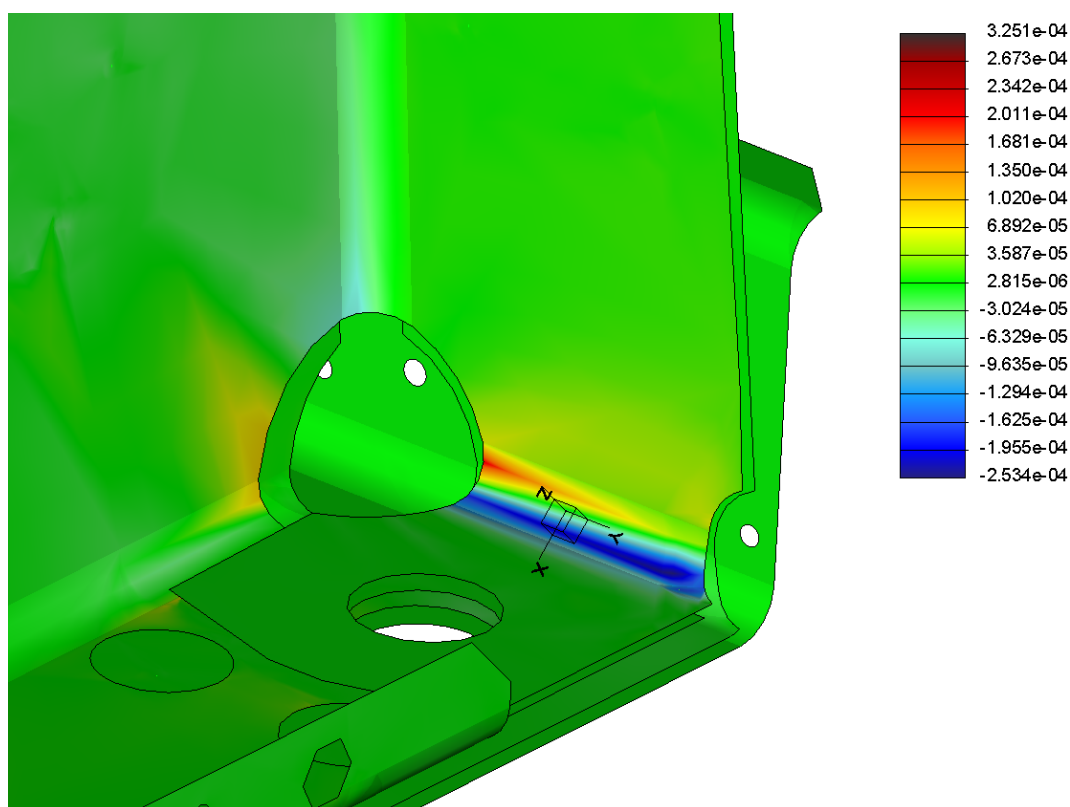
Charakteristika tenzometru:

Rozměry: 3x5 mm

Délka vinutí: 0,8 mm

6.2.1 Poměrné prodloužení současného rámu RX105 ve směru XX

Dle nově změněného souřadného systému v programu Creo Parametric 2.0 je na Obr. 49 znázorněno poměrné prodloužení současného rámu RX105 ve směru XX. Tento směr je tečný na místo instalace tenzometru.



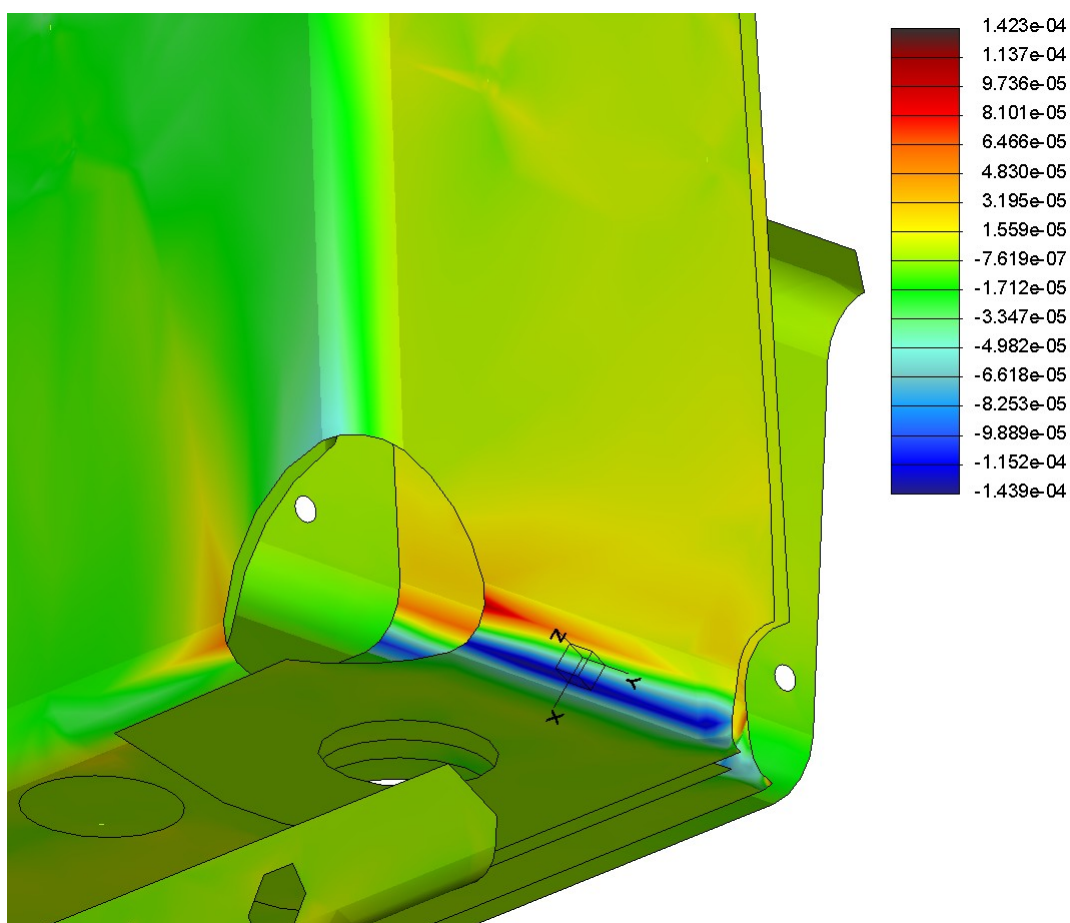
Obr. 49 – Poměrné prodloužení v místě tenzometru

Poměrné prodloužení (MKP) ve směru XX dle souřadnicového systému je 0,00033 (červená barva). Maximální smrštění v tomto směru je 0,00025 (modrá barva).

Tenzometr nalepený dle Obr. 48 bude měřit hodnoty pouze pro tento směr XX, tudíž není potřeba dalších výsledků pro ostatní směry.

6.2.2 Poměrné prodloužení rámu pro úpravu 2 ve směru XX

Na Obr. 50 je znázorněno poměrné prodloužení rámu s aplikovanou úpravou 2 v kritickém místě. Toto poměrné prodloužení je uvedeno pro směr XX dle nově zvoleného souřadného systému (Obr. 48).



Obr. 50 – Poměrné prodloužení v místě tenzometru – úprava 2

Poměrné prodloužení (MKP) rámu s aplikovanou úpravou 2 ve směru XX dle souřadnicového systému je 0,00014 (červená barva). Maximální smrštění v tomto směru je 0,00014 (modrá barva).

6.3 Srovnání poměrných prodloužení

Poměrné prodloužení je pro současný rám pračky Primus RX105 i pro rám s aplikovanou úpravou 2 uvedeno ve srovnávací Tab. 8.

Všechny tyto výsledky by se měly blížit hodnotám zjištěným reálným měřením.

Tab. 8 – výsledky poměrných prodloužení

Poměrné prodloužení ve směru nalepení tenzometru XX		
	Prodloužení	Smrštění
Současný rám PRIMUS	0,00033	0,00025
Rám pro úpravu 2	0,00014	0,00014

Z tabulky je jasné vidět, že při použití úpravy 2 na rám RX105 dojde ke snížení poměrných prodloužení přibližně o 50%.

Tyto výsledky se budou dále porovnávat s reálnými hodnotami naměřenými tenzometricky. Dle těchto hodnot se dále vypočtou reálné hodnoty napětí v kritických místech rámu RX105.

6.4 Vlastní měření

Z technických důvodů a velké časové vytíženosti na straně Primusu se nepodařilo měření uskutečnit v termínu dokončení této diplomové práce, ačkoliv se jeho uskutečnění s porovnáním všech výpočtů plánuje.

Reálné měření pomocí tenzometrie proběhne jak na současně používaném rámu RX105 tak na rámu s již aplikovanou úpravou 2 dle této diplomové práce.

7 Závěr

Výsledkem této diplomové práce je rekonstrukce stávajícího rámu pracího stroje firmy Primus CE, spol. s r. o., Příbor, která je zadavatelem této diplomové práce.

Byla provedena rešerše, kde byly uvedeny všechny typové řady praček značky Primus. Byly konkrétně popsány dva stěžejní typy (RS,RX) i s technickými specifikacemi stroje. Pro oba tyto stroje byl proveden podrobný rozbor nosných rámu s uvedenými klady i zápory. Konkrétně pro rám RX byla vysvětlena metoda CLINCH pro spojování všech dílů do sebe. Rešerše obsahuje také stručný průřez konkurenčních firem s uvedením jejich používaných neodpružených rámu a spojovacích materiálů.

Ve spolupráci s pracovníky firmy Primus byly určeny kritické místa na konstrukci rámu. Tyto místa byly dále detailně prozkoumány a byly navrhnuty změny, které by měly nedostatky rámu RX105 odstranit.

Pro možnost provedení pevnostních MKP analýz byly vypočteny základní zatěžující síly vzniklé z provozu pracího stroje.

V programu Creo Parametric 2.0 byla provedena MKP analýza současně používaného rámu pračky RX105 značky Primus. Tato analýza proběhla ve třech směrech působení zatěžujících sil.

Dále byla provedena MKP analýza pro navrhovanou úpravu 2 a úpravu 3. Tyto analýzy proběhly za použití naprosto stejných okrajových podmínek i zatěžujících sil. Při závěrečném zhodnocení výsledků všech provedených MKP analýz bylo zjištěno, že při aplikaci úpravy 2 došlo ke snížení napětí ve všech směrech působení zatěžujících sil až o 50 %. Tato úprava dosáhla nejlepších výsledků ze všech provedených MKP analýz tudíž přílohou této diplomové práce je sestavný výkres rámu RX105 s aplikovanou úpravou 2.

Reálné měření pomocí tenzometrie nemohlo být provedeno z technických důvodů a časové vytíženosti na straně firmy Primus. Toto měření se však plánuje, ale nebylo jej možno realizovat do termínu odevzdávání této diplomové práce.

Byly tedy provedeny výpočty hodnot poměrných prodloužení v kritických místech pro směry XX a YY pomocí MKP analýz na současném rámu RX105 i na rámu s aplikovanou úpravou 2. Tyto hodnoty budou dále sloužit pro porovnání výsledku poměrných prodloužení zjištěné reálným měřením napjatosti.

V závěru práce lze říci, že byly splněny požadavky firmy Primus i cíle této diplomové práce. Došlo tedy ke snížení napětí v kritických místech díky navrženým úpravám pro rám RX105.

Závěrem patří poděkování doc. Ing. Zdeňku Foltovi, Ph.D. za rady a vedení při tvorbě této diplomové práce a všem pracovníkům firmy Primus za vstřícné jednání a poskytnutí všech potřebných dokumentů.

8 Seznam použité literatury

Knihy a příručky:

[1] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. Albra – Pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2003. ISBN 80-86490-74-2.

[2] PRIMUS CE, spol. s r. o., *Manuál RX*. 2013. vyd. Příbor. Dostupné z: www.primuslaundry.com

[3] OK STROJSERVIS, s. r. o., *Spojování plechů - TOX Clinching*. 2013. vyd.

[4] PRIMUS CE, spol. s r. o. *Instalace RS*. 2013. vyd. Příbor. Dostupné z: www.primuslaundry.com

[5] PRIMUS CE, spol. s r. o. *Testovací procedura*. 2013. vyd. Příbor.

Internet:

[6] Primus: Laundry equipment. [online]. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: www.primuslaundry.com

[7] Elektrolux. [online]. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: www.electrolux.com

[8] Girbau: Laundry solutions. [online]. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: www.girbau.com

[9] Miele: Profesional. [online]. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: www.miele-professional.cz

9 Seznam příloh

Název	Označení	Formát
ROHOVÁ VLOŽKA - ÚPRAVA 2	GIL027 – DP – 01.01.02	A3
RÁM RX105	GIL027 – DP - 01.01.01	A2

Použitý software:

Microsoft Office Word 2007

Microsoft office Powerpoint 2007

Autodesk AutoCAD 2010

Creo Parametric 2.0